

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА МАШИН

«На правах рукопису»

УДК _____

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ В.Б.Струтинський

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування

на тему Модель керування приводами мобільного робота на основі
нейронної мережі

Виконав (-ла): студент (-ка) _____ ІІ курсу , групи МВ – 61м

_____ Гамілов Євгеній Олегович

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Науковий керівник

_____ к.т.н., доц. Кравець О.М.

(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант з розділу

_____ (вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент:

_____ Доц. каф. ТМ, к.т.н., доц. Лапковський С.В

(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ - 2018

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського”
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання верстатів та машин

Рівень вищої освіти другий (магістерський) за освітньо-науковою
програмою

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Спеціалізація «Металорізальні верстати та системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.Б.Струтинський
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 201_ р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ

_____ Гамілов Євгеній Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Модель керування приводами мобільного
робота на основі нейронної мережі

науковий керівник дисертації Кравець О.М., к.т.н., доц

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “15” березня 2018 року № 934-с

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження _____

4. Предмет дослідження _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити _____

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу _____

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Науковий керівник дисертації _____

РЕФЕРАТ

Робота містить чотири розділи і один додаток.

Об'єм графічної частини презентація 26 кадрів, пояснювальна записка 98 ст, містить 88 малюнків та 21 таблицю.

Об'єкт дослідження: система керування приводами мобільного робота

Предмет дослідження: способи керування приводами для забезпечення режиму енергозбереження.

Метою роботи є розробка системи керування переміщеннями робочого органа мобільного робота.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

1. Виконати патентно-інформаційне дослідження для того щоб з'ясувати необхідні технічні та експлуатаційні характеристики системи керування робота-маніпулятора.
2. Розробити алгоритм керування рухом приводів з забезпеченням режиму енергозбереження при переміщенні робочого органу в усьому діапазоні робочого простору.
3. Розробити математичну модель приводу робота та систему корегування електричного живлення двигунів приводів.
4. Дослідити властивості декількох варіантів нейронних мереж, виконати навчання цих мереж та порівняти точність відтворення необхідного алгоритму керування.

Створено та реалізовано засобами “Matlab” математичні моделі процесу переміщення робочої платформи мобільного робота. Запропоновано метод керування приводами мобільного робота для забезпечення режиму енергозбереження.

Розроблено механізм керування мобільним роботом на основі нейронної мережі. Перевірено нейронні мережі трьох типів, які можна застосувати для побудови системи керування.

Результати розробки доповідались та були схвалені на Всеукраїнській науково-технічній конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді - машинобудуванню» Секція "Машинобудування".

РЕФЕРАТ

Объем графической части презентация 26 кадров, пояснительная записка 98 в содержит 88 рисунков и 21 таблицу.

Объект исследования: система управления приводами мобильного робота

Предмет исследования: способы управления приводами для обеспечения режима энергосбережения.

Целью работы является разработка системы управления перемещениями рабочего органа мобильного робота.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

1. Выполнить патентно-информационное исследование для того чтобы выяснить необходимые технические и эксплуатационные характеристики системы управления робота-манипулятора.

2. Разработать алгоритм управления движением приводов с обеспечением режима энергосбережения при перемещении рабочего органа во всем диапазоне рабочего пространства. Для этого разработать математическую модель привода робота и систему корректировки электрического питания двигателей приводов.

3. Исследовать свойства нескольких вариантов нейронных сетей, выполнить обучение этих сетей и сравнить точность воспроизведения необходимого алгоритма управления.

Созданы и реализован средствами "Matlab" математические модели процесса перемещения рабочей платформы мобильного робота. Предложен метод управления приводами мобильного робота для обеспечения режима энергосбережения. Разработан механизм управления мобильным роботом на основе нейронной сети. Проверено нейронные сети трех типов, которые можно применить для построения системы управления.

Результаты разработки докладывались и были опубликованы в тезисах Всеукраинской научно-технической конференция молодых ученых и

студентов «Инновации молодежи - машиностроению» Секция
«Машиностроение».

SUMMARY

The volume of the graphic part is presentation 26 frames, explanatory note 98 st, contains 88 drawings and 21 tables.

Object of research: the system of control of mobile robot drives

Subject of research: how to drive drives to provide a mode of energy savings.

The purpose of the work is to develop a system for managing the movement of the working body of the mobile robot.

To achieve this goal, the following tasks must be solved:

1. Perform a patent-information study in order to find out the necessary technical and operational characteristics of the robot-manipulator control system.

2. To develop the algorithm of driving of drives with maintenance of a mode of energy saving at moving of a working body in all range of a working space. To do this, develop a mathematical model of the drive drive and a system for adjusting the power supply of the drive motors.

3. To study the properties of several variants of neural networks, to study the networks and compare the accuracy of the reproduction of the required control algorithm.

The mathematical models of the process of moving the work platform of the mobile robot were created and implemented by means of "Matlab". A method for controlling mobile robot drives for providing a mode of energy saving is proposed. A mechanism for managing a mobile robot based on a neural network is developed. Three types of neural networks that can be used to build a control system are checked.

The results of the development were reported and were discussed in the All-Ukrainian Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Students "Innovations in Youth - Machine Building" Section "Machine Building".

ЗМІСТ

	Вступ	10
	Розділ 1	12
1.1	Практика використання нейронних мереж для керування робочими процесами та пристроями	12
1.2	Нейронні мережі для здійснення керування робочими процесами та механізмами	15
1.3	Сучасні промислові зразки роботів маніпуляторів для роботи з небезпечними об'єктами	19
	Висновок по розділу 1	33
	Розділ 2 Загальна методика дослідження	34
2.1	Засоби пакету Matlab для побудови та налаштування нейронної мережі	34
2.2	Розробка та реалізація алгоритму енергоефективного керування приводами робота	46
	Висновки по розділу 2	56
	Розділ 3	57
	Порівняння ефективності вибраних типів нейронних мереж	57
	Висновки по розділу 3	73
	Розділ 4	74
4.1	Розробка стартап проекту	74
	Висновок по розділу 4	96
	Перелік використаних джерел	97

ВСТУП

Роботи первинного огляду і розмінування призначені для військового і цивільного застосування (силовими структурами, структурами забезпечення громадського порядку, структурами ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій).

Це як правило мобільні телекеровані платформи, призначені для огляду предметів або точок, які викликають підозри в небезпеці. Для цього платформи оснащені системами телеспостереження з використанням цифрових камер, що передають відеопотік на дисплей пульта оператора. Також за допомогою таких систем можна переміщати підозрілі предмети або знищувати їх, викликаючи їх детонацію в місці, де вони знайдені або переміщаючи їх в інше місце, де вибух викличе менше негативних наслідків. Для цього платформи обладнані одним або двома роботизованими маніпуляторами.

Деякі роботи первинного огляду і розмінування з модульним підходом до корисного навантаження можуть бути оснащені летальним зброєю. Залежно від конструкції, деякі роботи здатні пересуватися не тільки по горизонтальній поверхні, але і по похилих, а також переміщатися по сходових маршах.

На ринку представлений чималий вибір подібних телекерованих роботів первинного огляду, їх випускають в різних країнах, перш за все, в США, Ізраїлі та Німеччині, а також в деяких інших країнах. Широко відомі роботи лінійки Andros (H1, Wolverine V2, F6A, II mini) американської компанії Northrop Grumman, використовувані в США та Ізраїлі, не менше популярні американські iRobot 110, 310, 510, 710 і Talon (Mark II, V), а також інші. В Європі знають німецьких роботів лінійки Cobham (TeleMAX і tEODor), відомий канадський Digital Vanguard ROV компанії MED-ENG. У Росії також є кілька розробок на цю тему - Богомол, Варан, Всюдихід-ТМЗ, Кобра-1600, МРК, Мустанг-2М, РТС-РР і Скарабей, які поки не стали

масовими, тому при проведенні спецоперацій часто можна зустріти імпортованих роботів.

Окремо стоять роботи розмінування, які призначені для прокладання проходів в мінних полях і очищення території від протипіхотних мін. Принцип їх дії - викликати детонацію за рахунок створення шумового, натискного і інших видів впливів на ґрунт. Ідея в тому, щоб заряди вибухали, не викликаючи ушкоджень телекерованого робота.

Вартість моделей роботів сягає інколи декілька сотень тисяч доларів, тому створення вітчизняного аналога, навіть з урахуванням комплектуючих іноземного виробництва є надзвичайно актуальною задачею.

Наукова новизна

В зв'язку з обмеженням потужності приводів кінематичних ланок робота-маніпулятора, внаслідок недостатньої кількості енергії яку можна виділити на їх живлення, необхідно створити спеціальний алгоритм керування приводами, який забезпечить керування рухом таким чином, щоб одночасно були задіяні тільки їх частина.

Практичне значення роботи визначається:

Результати дослідження дають можливість створити конкурентоздатний робот сапер вітчизняного виробництва.

РОЗДІЛ 1

1.1 ПРАКТИКА ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ КЕРУВАННЯ РОБОЧИМИ ПРОЦЕСАМИ ТА ПРИСТРОЯМИ

Однією з важливих умов застосування нейронних мереж є те що між відомими вхідними значеннями і невідомими виходами існує зв'язок. Цей зв'язок може бути спотворений шумом, але він повинен існувати.

Нейронна мережа використовується тільки тоді, коли невідомий точний вид зв'язків між входами і виходами. Інша істотна особливість нейронної мережі полягає в тому, що залежність між входом і виходом носить здебільше нелінійний характер.

Алгоритми які використовують для процесу навчання нейронних мереж бувають двох типів керовані («навчання з учителем») і некеровані («без учителя»).

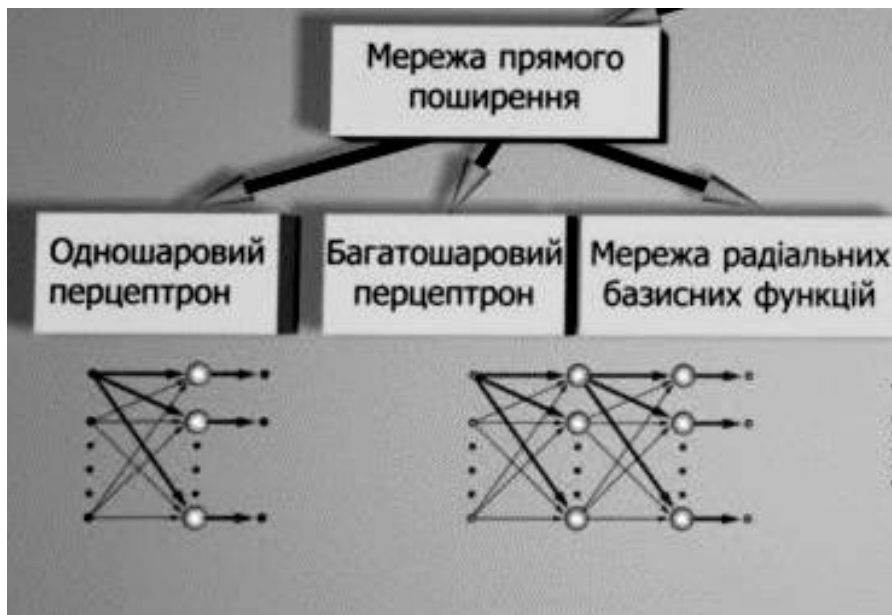
При керованому навчанні мережі користувач використовує набір навчальних даних. Ці дані представляють набори вхідних даних і відповідні їм вихідні дані. Мережа налаштовується встановлювати зв'язок між вхідними і вихідними даними.. Потім нейронна мережа навчається за допомогою алгоритму керованого навчання (часто використовується метод зворотного поширення), при якому вхідні дані використовуються для коректування синоптичних вагових коефіцієнтів і їхніх межових значень для кожного нейрона мережі таким чином, щоб мінімізувати похибку вихідних значень. Мережа набуває здатність моделювати функцію, що зв'язує значення вхідних і вихідних сигналів, і це можна використовувати для прогнозування вихідних значень.

Класифікація нейронних мереж.

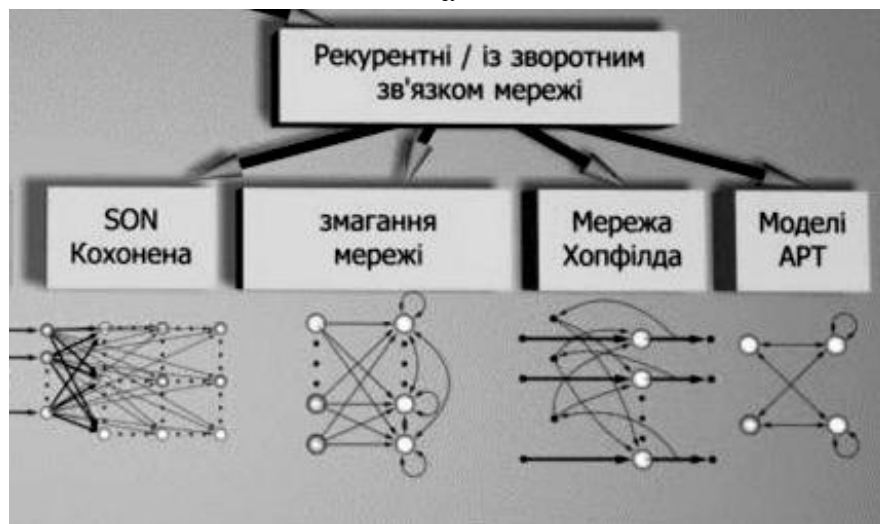
Штучні нейронні мережі мають багато варіантів різних конфігурацій. Незважаючи на це, мережі мають багато спільного між собою.

Нейронні мережі класифікують за топологічними типами у відповідності до виду зв'язків між нейронами мережі, а також за видами використаних формальних нейронів.

По виду зв'язків нейронні мережі можуть бути розподілені в два класи (рис. 1.1): мережі прямого поширення, у яких немає петель (рис. 1.1а) і мережі зі зворотними зв'язками (рис. 1.1б).



а



б

Рис 1.1. Типи нейронних мереж

Їх також класифікують за способом подачі інформації на вхід:

- подачу на синапси вхідних нейронів;
- подачу до виходів вхідних нейронів;

- подачу у вигляді синапсичних вагових коефіцієнтів вхідних нейронів;
- адитивну подачу на синапси вхідних нейронів.

За способом зняття інформації з виходів нейронної мережі розрізняють:

- зняття сигналів з виходів вихідних нейронів;
- зняття сигналів з синапсів вихідних нейронів;
- зняття сигналів у вигляді значень ваги синапсів вихідних нейронів;
- адитивний зйом сигналів із синапсів вихідних нейронів.

За організацією навчання розрізняють

- (supervised neural networks) навчання нейронних мереж з вчителем
- (nonsupervised) без вчителя.

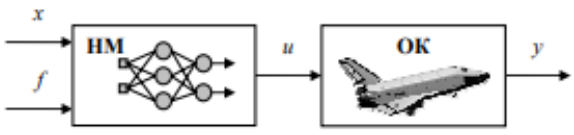
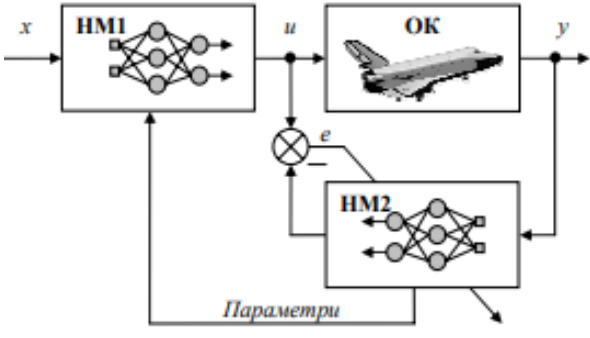
За способом навчання:

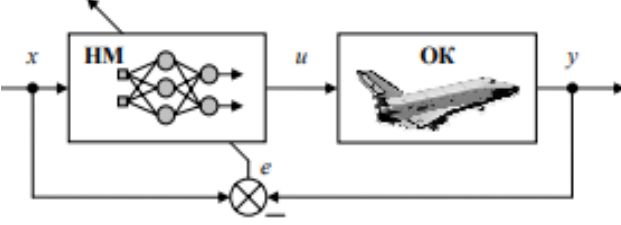
- навчання за входами (навчальний приклад є вектором вхідних сигналів)
- навчанні за виходами використовують вектор вихідних сигналів, який точно відповідає вхідному вектору.

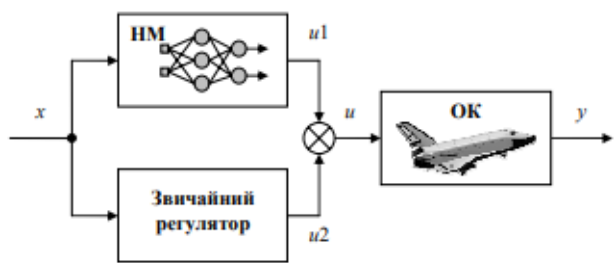
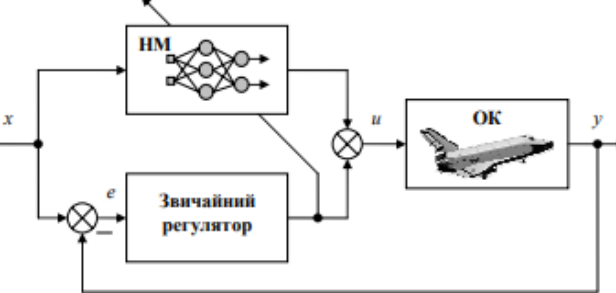
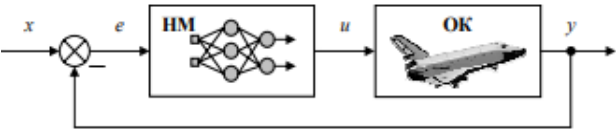
1.2 НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ КЕРУВАННЯ РОБОЧИМИ ПРОЦЕСАМИ ТА МЕХАНІЗМАМИ

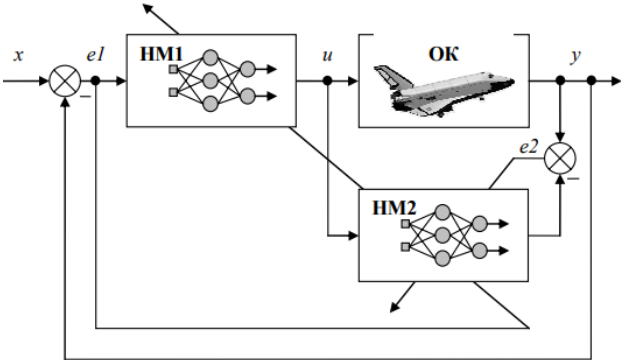
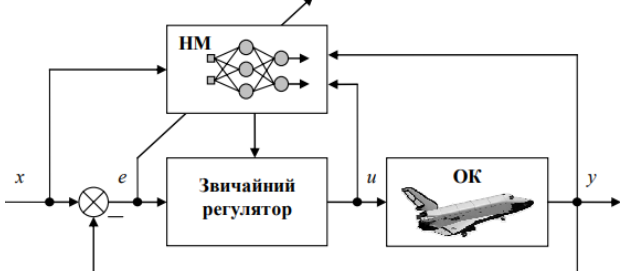
Способи побудови систем керування на основі нейронної мережі [1] представлені в таблиці 1.1. На рис позначені наступні види сигналів x – вхідний сигнал системи керуюча координата; f – контрольовані збурення; u – сигнали керування, що діють на об'єкти керування; y – вихідний сигнал.

Таблиця 1.1. Способи побудови систем керування на основі нейронної мережі

Опис способу керування	Схема мережі
Послідовна схема нейромережевого керування на вхід нейронної мережі подають реальний вихід системи. навчання мережі здійснюється за похибкою розузгодження її виходу з реальним входом. Для цієї схеми використовують інверсне і предикатне навчання. Контролер у системі реалізує зворотну динаміку на об'єкт керування	
Нейроемулятор нейронної мережі НМ1 навчається зворотній динаміці об'єкта керування, а нейроконтролер НМ2 нейронної мережі копіює свої параметри з нейронної мережі. Застосована розімкнена схема керування без зворотного зв'язку. Перевагами такої схеми є простота і стійкість. Недоліки – дана схема не завжди гарантує, що вихідний сигнал об'єкта керування буде відповідати опорному сигналові; – схема не здатна керувати нестійким об'єктом	

Опис способу керування	Схема мережі
<p>Керування з передбаченням</p> <p>нейронна мережа навчається так, щоб отримати найкраще виконання рівності $y = x$. не можна використовувати метод зворотного поширення похибки, оскільки між виходом системи і нейронною мережею знаходиться об'єкт керування, якобіан якого невідомий, застосовують або числову апроксимацію якобіана системи, або інші модернізації методу зворотного поширення, що не потребують якобіан системи. Може бути застосовано навчання нейронної мережі за допомогою генетичного алгоритма.</p>	
<p>Нейронна мережа з емулятором, який виконує імітаційне моделювання об'єкта керування. Нейронна мережа НМ1 виконує функції контролера, а нейронна мережа НМ2 – емулятора</p> <p>Нейронна мережа НМ1 настроюється на пряму динаміку об'єкта, а нейронна мережа НМ2 настроюється через ідентифікатор так, щоб оптимізувати критерій якості керування на визначеному інтервалі часу. Нейронна мережа НМ2 може використовуватись для визначення якобіана об'єкта керування і для навчання нейроконтролера НМ1. Керування з передбаченням, дає хороші результати. Обчислювальні витрати для цього методу високі. Схема керування належить до розімкнутих. За невиконання умови квазістаціонарності об'єкта не</p>	

Опис способу керування	Схема мережі
<p>гарантує, що вихідний сигнал об'єкта керування буде відповідати опорному сигналові.</p>	
<p>Схема паралельного вмикання нейронної мережі як контролера для послідовної схеми керування. Навчання нейронної мережі здійснюється для того, щоб коригувати сигнал контролера u_2, якщо він не забезпечує належної якості керування.</p>	
<p>Навчання із похибкою зворотного зв'язку. Нейронна мережа приймає на себе керування об'єктом, замінюючи дію контролера зворотного зв'язку. Зразковим регулятором у цьому випадку може бути використана людина-оператор.</p>	
<p>Керування із зворотним зв'язком. Нейронна мережа виконує функції регулятора замкненої системи. Схема здатна забезпечувати високу якість керування за наявності неконтрольованих збурень, нестаціонарності і нестійкості об'єкта керування. Задача навчання нейронної мережі складніша. Нейронна мережа має реалізовувати зворотну динаміку об'єкта але характер перетворення, яке має реалізовувати нейронна мережа, невідомий. Система не може бути навчена в оперативному режимі.</p>	

Опис способу керування	Схема мережі
<p>Контролер зворотного зв'язку, побудований з використанням мережі НМ2, що навчається через ідентифікатор нейронної мережі НМ1</p> <p>Навчання через ідентифікатор, використовують для того, щоб не заважати нормальному функціонуванню об'єкта пробними впливами, які використовують у процесі навчання. Схема висуває високі вимоги до обчислювальних ресурсів і існують проблеми із стійкістю системи.</p>	
<p>Контролер, що керується нейронною мережею.</p> <p>Настроюються параметри регулятора (наприклад, ПД-регулятора) для підвищення якості керування.</p>	

Недоліки систем керування з нейромережами:

- під час оптимізації вагових коефіцієнтів, алгоритм навчання нейронної мережі може зупинитись у локальному мінімумі, необхідно використовувати повільні алгоритми глобальної оптимізації;
- немає об'єктивного набору критеріїв якості що використовуються при виборі типу і архітектури нейронної мережі, це призводить до необхідності застосовування повільних алгоритмів самоорганізації;
- всю інформацію щодо свого навчання і налаштування нейронна мережа отримує в процесі навчання і неможливо ввести апріорну інформацію в навчену нейронну мережу.

1.3 СУЧАСНІ ПРОМИСЛОВІ ЗРАЗКИ РОБОТІВ МАНІПУЛЯТОРІВ ДЛЯ РОБОТИ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

На ринку представлений чималий вибір телекерованих роботів первинного огляду, їх випускають в різних країнах, перш за все, в США, Ізраїлі та Німеччині, а також в деяких інших країнах. Широко відомі роботи лінійки Andros (H1, Wolverine V2, F6A, II mini) американської компанії Northrop Grumman, використовувані в США та Ізраїлі, не менше популярні американські iRobot 110, 310, 510, 710 і Talon (Mark II, V), а також інші. В Європі знають німецьких роботів лінійки Cobham (TeleMAX і tEODor), відомий канадський Digital Vanguard ROV компанії MED-ENG. У Росії також є кілька розробок на цю тему - Богомол, Варан, Всюдихід-ТМЗ, Кобра-1600, МРК, Мустанг-2М, РТС-РР і Скарабей, які поки не стали масовими, тому при проведенні спецоперацій часто можна зустріти імпортованих роботів.

Окремо стоять роботи розмінування, які призначені для прокладання проходів в мінних полях і очищення території від протипіхотних мін. Принцип їх дії - викликати детонацію за рахунок створення шумового, натискного і інших видів впливів на ґрунт. Ідея в тому, щоб заряди вибухали, не викликаючи ушкоджень телекерованого робота.

Роботи первинного огляду і розмінування призначені для військового і цивільного застосування (силовими структурами, структурами забезпечення громадського порядку, структурами ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій).

Це як правило мобільні телекеровані платформи, призначені для огляду предметів або точок, які викликають підозри в небезпеці. Для цього платформи оснащені системами телеспостереження з використанням цифрових камер, що передають відеопотік на дисплей пульта оператора. Також за допомогою таких систем можна переміщати підозрілі предмети або знищувати їх, викликаючи їх детонацію в місці, де вони знайдені або переміщаючи їх в інше місце, де вибух викличе менше негативних наслідків.

Для цього платформи обладнані одним або двома роботизованими маніпуляторами.

Деякі роботи первинного огляду і розмінування з модульним підходом до корисного навантаження можуть бути оснащені летальним зброєю. Залежно від конструкції, деякі роботи здатні пересуватися не тільки по горизонтальній поверхні, але і по похилих, а також переміщатися по сходових маршах.

У робототехнічній лабораторії Міасского філії Південно-Уральського державного університету розроблений унікальний робот-сапер "Богомол-3", покликаний захистити населення від загрози вибуху. Робот на шасі із змінною геометрією може, наприклад, дістатися до вибухового пристрою, залишеного на даху "Газелі", пролізти в зазор між днищем автомобіля і землею, що не перевищує 10 сантиметрів, піднятися на сходинку висотою 20 сантиметрів.

"Богомол-3" (рис. 1.10) створений за замовленням єкатеринбурзького ТОВ "Уралвмпел".

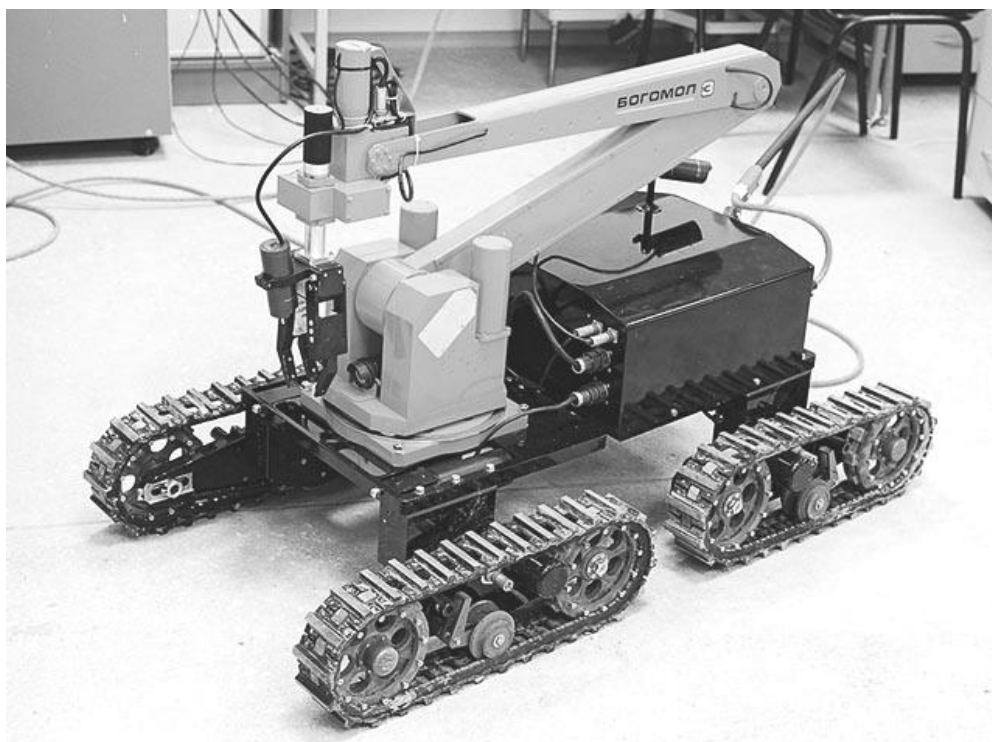


Рис. 1.10 Робот-сапер "Богомол-3"

Комплекс робототехнічний «Богомол-3М» призначений для роботи в умовах, де перебування людини неможливо або небажано:

- проникнення в важкодоступні зони;
- огляд підозрілих об'єктів;
- вилучення та транспортування небезпечних предметів;
- знешкодження вибухових пристроїв.

Основні технічні характеристики і умови експлуатації

рухомий апарат

маса, кг менше 100

довжина мінімальна, мм 800

довжина максимальна, мм 1180

ширина, мм 600

висота мінімальна, мм 950

швидкість руху, м / сек 0-0,45

подоланні перешкоди: сходинка, мм 250

підйоми і сходові марші з кутом до 35 °

число ступенів рухливості маніпулятора 5 + схват

радіус робочої сфери маніпулятора, мм не менш як 1600

вантажопідйомність маніпулятора

при вильоті від осі гойдання плеча в 0,7 м, кг до 10

ширина розкриття схвата, мм 0-150

зусилля стиснення схвата, кг до 30

короста розвороту в ступенях рухливості, ° / сек 0-10

кількість телевізійних камер, шт. 3

живлення автономне, дві гелієві

аккумуляторні батареї

по 12В 40А • год

канал зв'язку з ППУ кабельний, довжиною до 50 м

Можливо, по додатковій вимозі Замовника,

дооснащення РТК системою управління по радіоканалу.

час безперервної роботи, не менше, год 4

діапазон робочих температур ПА, ° С -35 + 40

діапазон робочих температур ППУ, ° С 0 + 40

SWORDS (скорочення від Special Weapons Observation Reconnaissance Detection Systems) - спеціальна бойова система спостереження і розвідки (рис. 1.11).



Рис. 1.11 Спеціальна бойова система спостереження SWORDS

Створено компанією Фостер-Міллер TALON Робот (надалі стала підрозділом QinetiQ). За твердженням виробника, робот призначений для дій в місті, здатний долати пісок, воду і сніг до 1 фута (це становить 0,3048 м) глибини, а також здійснювати підйом по сходах.

Розрахований на 8,5 годин роботи від батарей в нормальному експлуатаційному режимі - очікування до 7 діб. Контролюється оператором на відстані до 1000 метрів. Він важить близько 100 фунтів (45 кг) або 60 фунтів (27 кг) у версії для розвідки.

Є цілий ряд різних видів зброї, які можуть бути розміщені на SWORDS: гвинтівки M16, 5,56-мм SAW M249, 7,62 мм кулемет M240,

гвинтівки Barrett M82, шестиствольний 40-мм гранатомет або чотирёхствольний 66 мм M202A1 FLASH. Базовий робот коштує приблизно \$ 60 000. Поточна вартість SWORDS становить \$ 230. 000, однак виробник стверджує, що при серійному випуску ціна може знизитися до \$ 150 000 - \$ 180. 000.

SUGV розроблений компанією iRobot, в рамках програми «Бойові системи майбутнього» (FCS). Перші екземпляри побудовані в 2008 році. Гусеничний робот SUGV Early важить близько 13,5 кг. Робот оснащений відеокамерою, візуальна інформація відразу ж передається в центр управління. SUGV може управлятися як за допомогою стандартної системи дистанційного керування, так і за допомогою геймпада ігрової приставки Xbox 360 (виробництва компанії Microsoft).



Рис. 1.12 Гусеничний робот SUGV Early

Мобільний робот «Варан» для виявлення, знешкодження та знищення вибухових пристроїв. Гусеничний. Розробка НДІ СМ МГТУ ім. Н. Е. Баумана (конструкція робота і системи управління), ВАТ Спеціальне конструкторське

бюро приладобудування й автоматики (ВАТ СКБ ПА, Ковров) - розробка документації для серійного виготовлення на заводі ВАТ «Ковровский электромеханический завод» ВАТ КЕМЗ, Ковров.

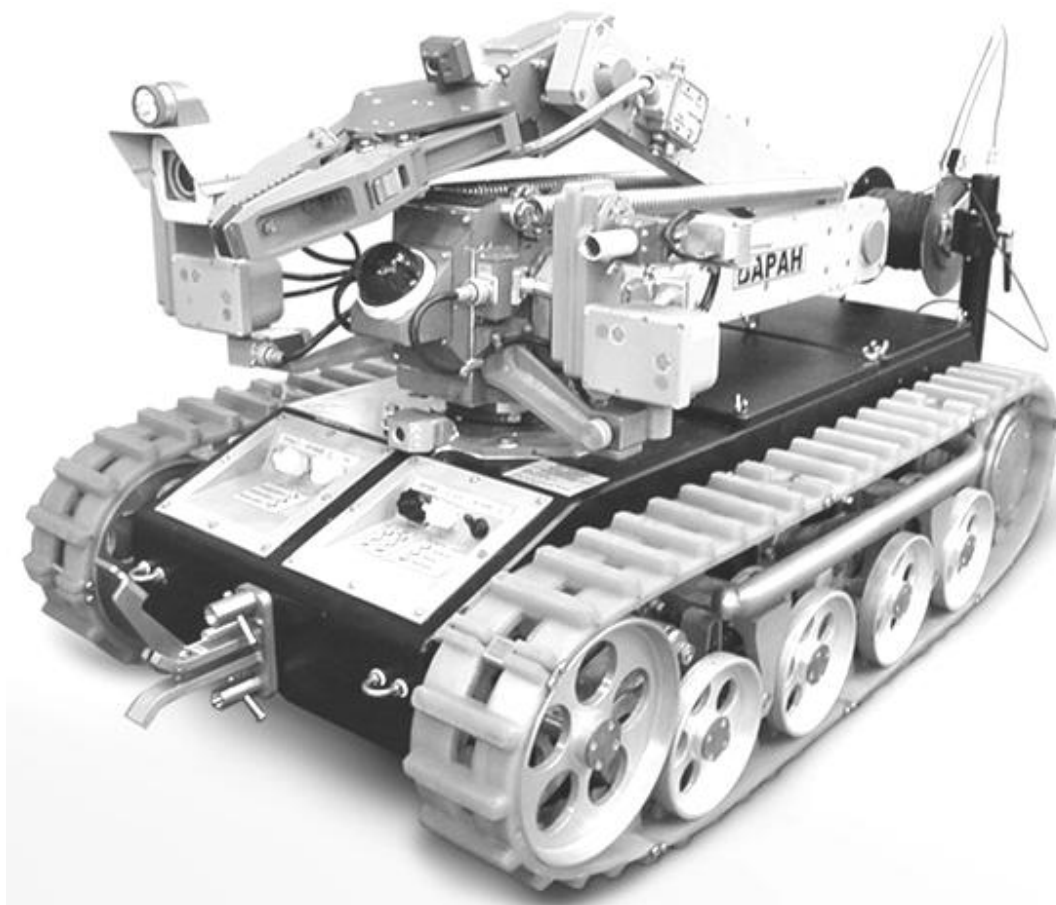


Рис. 1.13 Робот Варан

Всюдихід-ТМЗ (рис.1.14) КБ ПА (ВАТ Спеціальне Конструкторське бюро Приладобудування та Автоматики), России

Мобільний робототехнічний комплекс надлегкого класу

Проведення аудіо- відео- розвідки об'єктів і територій в умовах нерівної місцевості, міської інфраструктури та в приміщеннях. Огляд днищ салонів і багажних відділень транспортних засобів. Доставка, установка і дистанційне приведення в дію руйнівників вибухонебезпечних пристроїв (ВУ) при будь-якій освітленості. Проведення вибухотехнічних операцій.



Рис. 1.14 Всюдихід-ТМЗ

Шестиколісний телекерований робот **РТС-РР** з підвищеною прохідністю і порівняльної стійкістю до радіоактивного випромінювання. Підтримується також робота по заздалегідь закладеним алгоритмам. Основна особливість - підвищена стійкість до радіації.

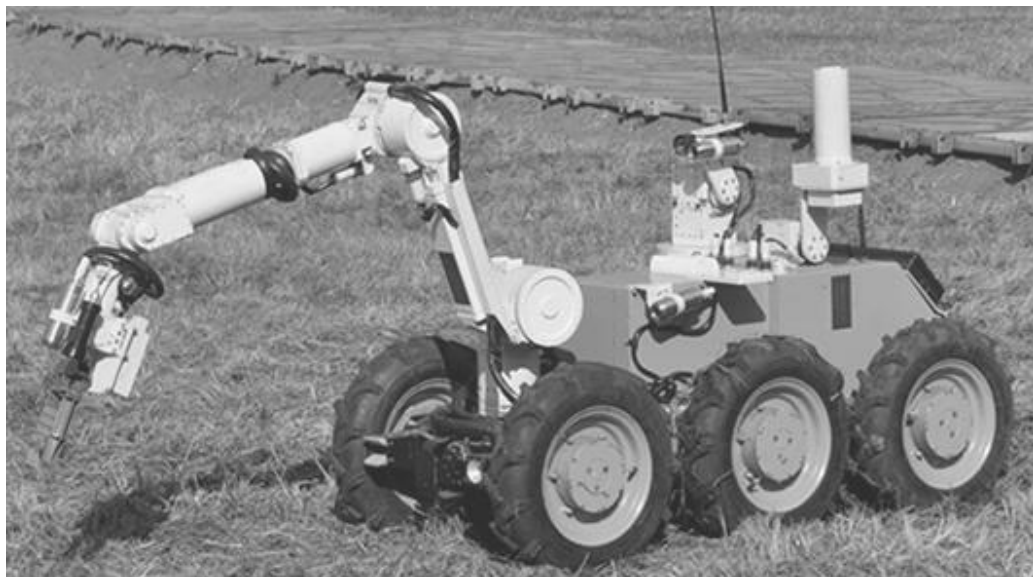


Рис. 1.15 Шестиколісний телекерований робот **РТС-РР**

Розробник Державний науковий центр "Центральний науково-дослідний інститут робототехніки і технічної кібернетики" (ЦНДІ РТК)

Основні технічні параметри

- довжина - 1.5 м
- ширина - близько 1 м
- вага - трохи більше 250 кг
- маніпулятор здатний піднімати вантажі вагою до 10 кг
- телегаммавізор - дозволяє фіксувати місцезнаходження джерел випромінювання і оцінювати їх силу.
- може управлятися з силового кабелю, що забезпечує також харчування двигуна робота
- пульт управління у вигляді пластикового кейсу з двома екранами - на один виводиться зображення з камери на корпусі, на інший - з камери, встановленої на маніпуляторі. Управління двома джойстиками. За Wi-Fi до 500 метрів, або за гнучким кабелю.

Скарабей, СЕТ-1, Москва доглядовий 4-х колісний робот (може бути гусеничним)



Рис. 1.17 Доглядовий 4-х колісний робот «Скарабей»

Рухома 4-колісна телекерована платформа для первинного огляду або розвідки. "Дистанційно-керований розвідувально-доглядових комплекс", що

включає керовану доглядову платформу з корисним навантаженням і пульт дистанційного керування з інтегрованою системою відеоспостереження. Корисне навантаження може включати камери високої роздільної здатності, тепловізор, мікрофон і радіопередавач аудіо- та відеоінформації на пульт дистанційного керування та відображення. Використовується апаратура КОРДОН компанії СЕТ-1 (модуляція CODFM).

Короткі технічні характеристики:

- дальність спостереження з передачею відеоінформації по радіоканалу на пульт спостереження і дистанційного керування (по землі) - не менше 300 метрів
- Діапазон робочих частот: 1010-1230 МГц - передача відеозображення; 917 МГц - пульт ДУ
- Живлення платформи і пульта: Li-Pol батареї
- Автономна робота платформи від внутрішнього джерела живлення - до 45 хвилин
- Габарити платформи: 330 x 291 x 58 мм
- Маса платформи: 4.65 кг
- Габарити пульта: 271 x 150 x 77 мм
- Маса пульта: 1.3 кг
- Діапазон робочих температур комплексу: від -20 до +45 градусів С
- Вологість (при температурі +25 градусів Цельсія) - 98%
- Термін служби виробу: до 5 років.
- Демо-ролик комплексу Скарабей, mp4
- дальність спостереження - не менше 300 метрів

Робот первинного огляду і розмінування. Andros F6A

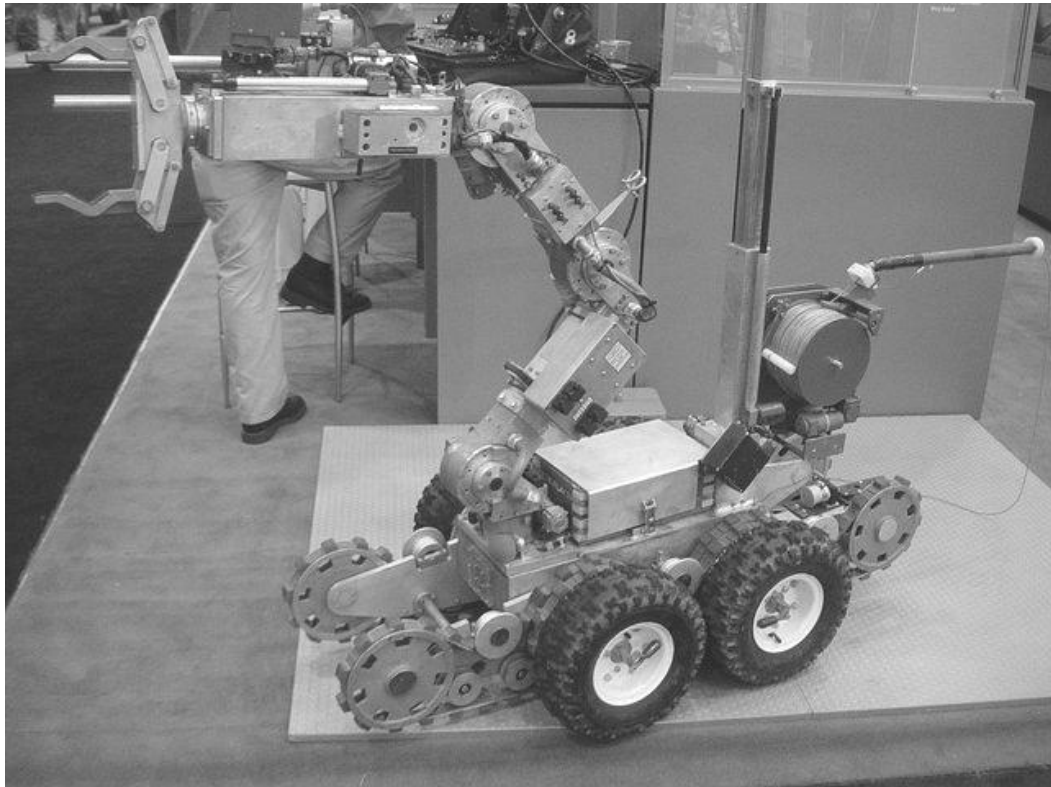


Рис. 1.18 Робот первинного огляду і розмінування. Andros F6A

Розробник - Remotec (Northrop Grumman), США

Використовується інженерними військами, одна з найбільш вживаних в світі моделей роботів первинного огляду в 2015 році.

Короткі параметри

- Вага 220 кг.
- Робот середньої вагової категорії,
- довжина 1.3 метра, ширина 0.7 м,
- висота 1.5 м, швидкість до 5.6 км / год,
- 4 кольорові камери з ручним фокусуванням.

Колінчастий маніпулятор здатний піднімати до 27 кг в повному розгинанні. У маніпулятора - сім ступенів свободи, два чутливих пальця, здатних не тільки до захоплення предметів, але також до закладання і вилучення предметів, наприклад, з під завалу.

Платформа здатна їхати по сходах з нахилом до 37 градусів, долати канави до 0.5 м шириною, перешкоди до 0.45 м в висоту. Такі можливості забезпечує вбудована гусенична система, яку можна експлуатувати, знявши колеса.

Оператор управляє роботом за допомогою пульта з джойстиком, по волконно-оптичному кабелю.

Камери з лазерним "прицілом" передають зображення на 15 "РК дисплей. На ньому відображається час зйомки, показники сенсорів і настройки камери.

Andros Wolverine V2, Remotec (Northrop Grumman), США



Рис. 1.19 Колісний телекерований робот розмінування Andros Wolverine V2
Виробник Remotec, США (входить в групу Northrup Grumman).

Колісний телекерований робот розмінування. Колісний, але може "взуватися" в гусениці. Кастомний дизайн за вимогами замовника.

Найбільший робот в сімействі ANDROS.

Вибухостійкий.

Вага - 544 кг.

Cobham TeleMAX EOD/IEDD, Німеччина

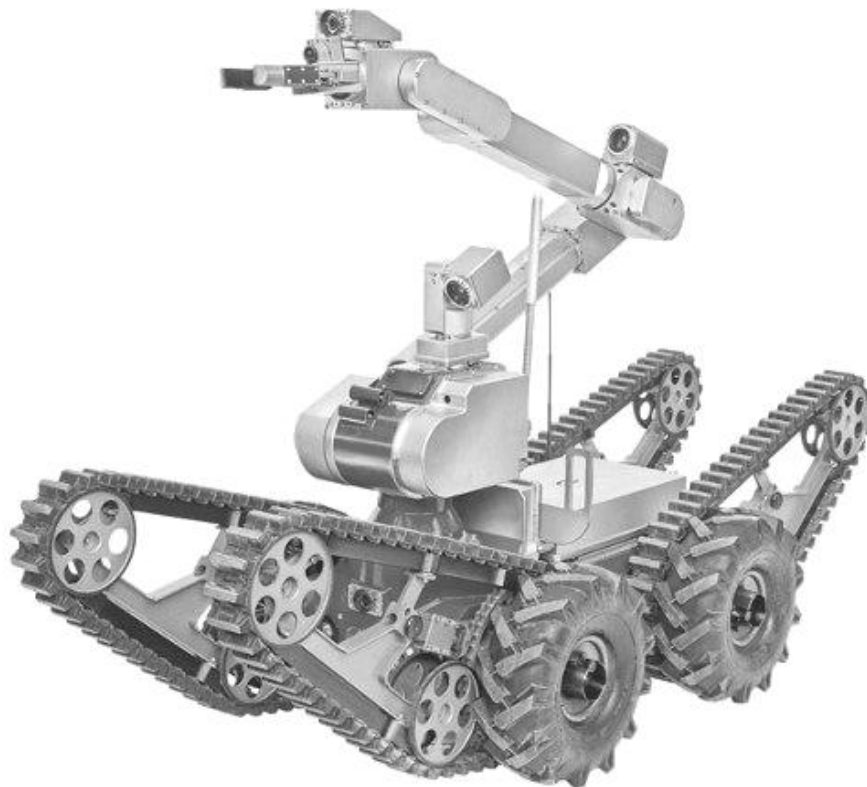


Рис. 1.20 Телекерований робот первинного огляду Cobham TeleMAX EOD/IEDD

Телекерований робот первинного огляду і сервісу саморухомої платформи, розроблені європейською компанією Cobham. Чотириколісна платформа з додатковими гусеницями. Здатний долати ухили до 45 градусів. Автоматичний сканер навколишнього простору. 17 Ач NiMh або 2 Li-Ion по 19 або 7.6 Ач. Cobham Unmanned Systems

Cobham tEODor (рис. 1.11), Німеччина

Телекерований розбиральник мін. Гусенична платформа.

Автоматичний сканер навколишнього простору



Рис. 1.21 Телекерований розбиральник мін Cobham tEODor
[Digital Vanguard ROV, MED-ENG, Канада](#)



Рис. 1.22 Телекерований робот розмінування Digital Vanguard ROV

Телекерований робот розмірювання HDMS 551s1. Робот первинного огляду і розмінування. Робот може відкривати пляшки, тонкі пластикові пакети і ... грати в іграшки, не ламаючи їх. Завдання машини - виявлення, первинний огляд і дезактивація вибухових пристроїв. Додаткову свободу рухів маніпулятором забезпечує їх кріплення до аналогу людського торсу. Звичайно, було б цікаво поглянути на автономну версію робота, проте навіть телекерованого пристрій з двома маніпуляторами являє собою істотний крок вперед - можливості машини виросли більш, ніж удвічі. Цікавий інтерфейс управління маніпуляторами - це не традиційний пульт з джойстиком, а спеціальна конструкція, яка використовує аватар-принцип. Складові маніпуляторів робота повторюють переміщення елементів конструкції, якими рухає оператор. Можливо так навіть зручніше в ситуаціях з розмінуванням, ніж коли команди для виконавчого пристрою знімаються з м'язів оператора.



Рис. 1.23 Телекерований робот розмінювання HDMS 551s1

ВИСНОВОК ПО РОЗДІЛУ 1

З проведеного аналізу випливає, що поставлене завдання для роботи є актуальним.

Створення ефективної системи керування дозволить значно підвищити ефективність роботи та експлуатаційні характеристики мобільних роботів.

Об'єкт дослідження: система керування приводами мобільного робота

Предмет дослідження: способи керування приводами для забезпечення режиму енергозбереження.

Метою роботи є розробка системи керування переміщеннями робочого органа мобільного робота.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

1. Виконати патентно-інформаційне дослідження для того щоб з'ясувати необхідні технічні та експлуатаційні характеристики системи керування робота-маніпулятора.
2. Розробити алгоритм керування рухом приводів з забезпеченням режиму енергозбереження при переміщенні робочого органу в усьому діапазоні робочого простору.
3. Розробити математичну модель приводу робота та систему корегування електричного живлення двигунів приводів.
4. Дослідити властивості декількох варіантів нейронних мереж, виконати навчання цих мереж та порівняти точність відтворення необхідного алгоритму керування.

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 ЗАСОБИ ПАКЕТУ MATLAB ДЛЯ ПОБУДОВИ ТА НАЛАШТУВАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Розглянемо засоби які можливо використати для створення, навчання, активування та використання нейронної мережі.

В ППП Neural Network Toolbox [] елементарним елементом мережі вважають формальний нейрон з одним вектором входу p та R елементами p_1, p_2, \dots, p_R . Формальний нейрон показаний на рис.2.1. Кожен елемент входу множиться на ваговий коефіцієнт $w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1R}$ і зважені значення передаються на суматор. Сума цих добутків дорівнює скалярному добутку вектора рядка W на вектор стовпчик входу p .

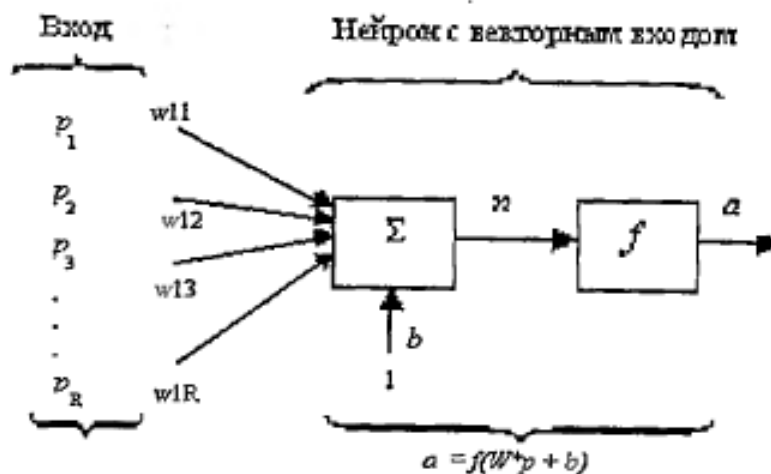


Рис. 2.5

Рис. 2.1 Нейрон з одним входом

Нейрон має зміщення b , яке додається до зваженої суми входів. Результуюча сума дорівнює

$$n = w_{11}p_1, w_{12}p_2, \dots, w_{1R}p_R + b$$

вона служить аргументом функції активації f . В MATLAB-і цей вираз записується як:

$$n = W * p + b$$

Передавальні функції (функції активації) нейрона мають різний вигляд. Більшість функцій активації $F(s)$ належить до класу сигмоїдальних функцій з аргументом s і виходом a .

Три найбільш поширені функції активації.

hardlim - одинична функція активації з жорстким обмеженням. Функція описується співвідношенням

$a = \text{hardlim}(s)$ її графік має вигляд показаний на рис. 2.2.

$$\text{Вона дорівнює } \text{hardlim}(s) = \begin{cases} 0, & s < 0 \\ 1, & s > 0 \end{cases}.$$

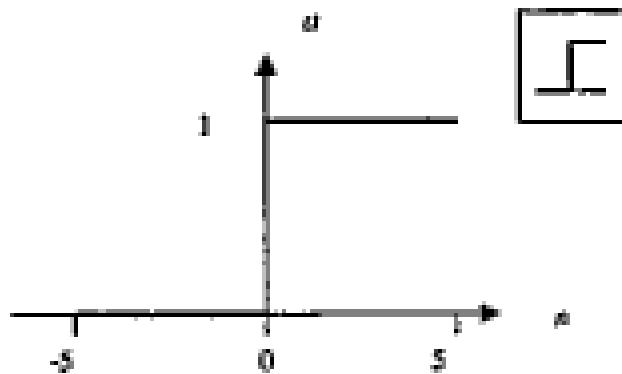


Рис. 2.2 hardlim одинична функція активації з жорстким обмеженням

purelin - лінійна функція активації.

Ця функція задається як $a = \text{purelin}(s) = s$ і її графік показано на рис. 2.3.

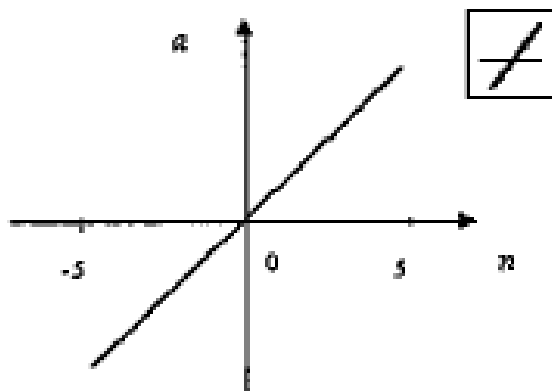


Рис. 2.3 purelin - лінійна функція активації

LOGSIG Логістична функція активації. Співвідношення цієї функції

$$a = \text{LOGSIG}(s) = 1 / (1 + \exp(-s)),$$

її графік показано на рис. 2.4. Це сигмоїдальна функція, її аргумент може приймати будь-яке значення від $-\infty$ до $+\infty$, а вихід лежить в діапазоні від 0 до 1. В ППП Neural Network Toolbox вона визначається M-функцією LOGSIG. Має властивість диференціюємості і використовується в мережах з навчанням за методом зворотнього розповсюдження помилки.

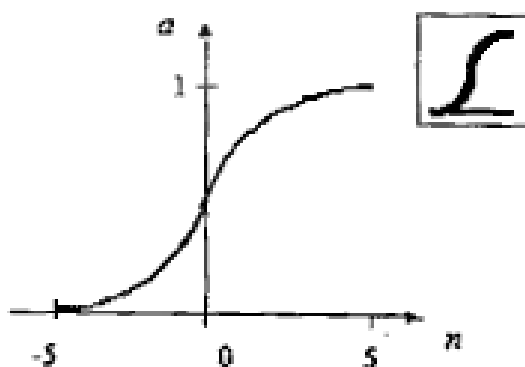
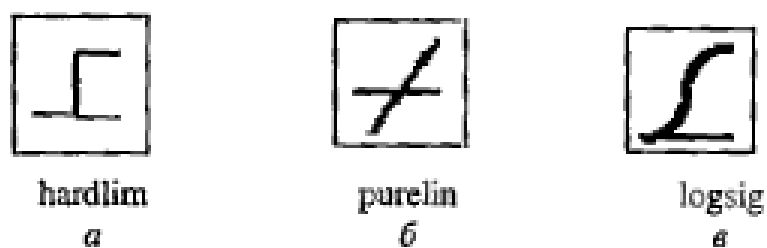


Рис. 2.4 LOGSIG логістична функція активації

Зображення символ в квадраті в верхній частині рис. використовується на структурних схемах для нейронних мереж (рис. 2.5).



Рис, 2.5 Функції активації

Використовуючи мову MATLAB, користувач має можливість створювати свої власні унікальні функції.

При розгляді мереж, буде використовуватися укрупнена структурна схема нейрона (рис. 2.6),

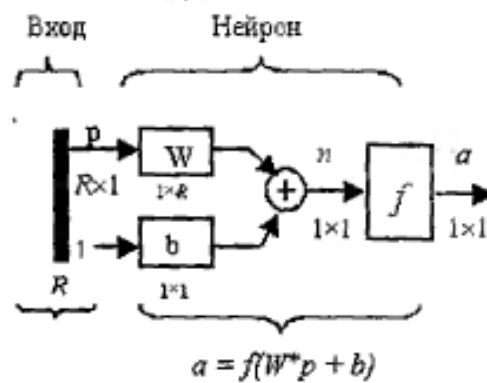


Рис. 2.5 Укрупнена структурна схема нейрона

Розмір $R \times 1$ вектора входу p вказується нижче символу p . Вектор входу множиться на вектор - рядок W довжини R .

Кожен раз, коли використовується скорочена назва мережі, розмірність матриць вказується під іменами векторно-матричних змінних. Ця система позначень пояснює будову мережі і пов'язану з нею матричну математику.

На укрупненої структурній схемі для позначення типу функції активації застосовуються спеціальні графічні символи; деякі з них наведені на рис. 2.7, де. а- ступінчаста, б-лінійна, е-логістична функція.

, Реальна нейронна мережа може містити один або більшу кількість шарів і відповідно характеризуватися як одношарова або як багатошарова.

Розгорнута схема мережі з одного шару з R вхідними елементами і S показана на рис. 2.6.

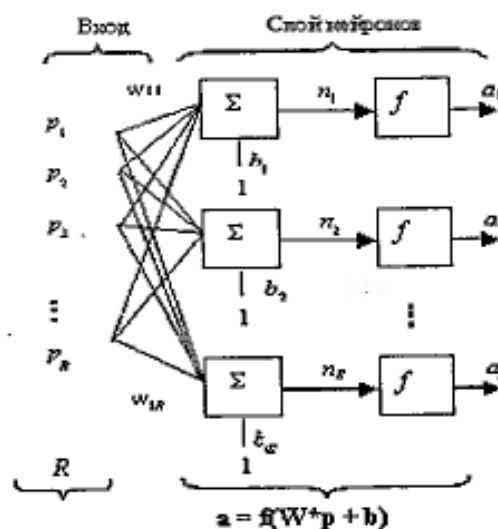


Рис. 2.8 Розгорнута схема мережі

У цій мережі кожен елемент вектора входу з'єднаний з усіма входами нейрона і ці з'єднання задається матрицею ваг W . Кожен нейрон включає сумуючий елемент, який формує скалярний вихід. Сукупність скалярних функцій об'єднується в S -елементний вектор входу функції активації шару. Виходи шару нейронів формують вектор-стовпець a , і, таким чином, опис шару нейронів має вигляд:

$$a = f(W * p + b)$$

Кількість входів R в шарі може не збігатися з кількістю нейронів S , В кожному шарі, використовується одна і та ж сама функція активації. Можна створювати складові шари нейронів з використанням різних функцій активації, поєднуючи мережі. Всі мережі матимуть ті ж самі входи, і кожна мережа буде генерувати тільки частину виходів. Елементи вектора входу потрапляють в мережу через матрицю вагових коефіцієнтів W яка має вигляд:

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1R} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2R} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{S1} & w_{S2} & \dots & w_{SR} \end{bmatrix}.$$

Індекси рядків матриці W вказують пункти призначення вагових коефіцієнтів нейронів, а індекси стовпців - що є входом для цього вагового коефіцієнта.

Елемент матриці вагових коефіцієнтів $w_{12} = W(1,2)$ визначає значення, на яке множиться інший елемент входу при передаванні його на перший нейрон.

Для одношарової мережі з S нейронами укрупнена структурна схема має вигляд рис. 2.9.

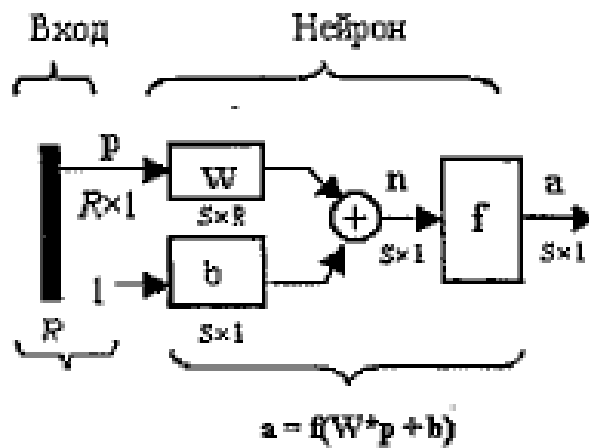


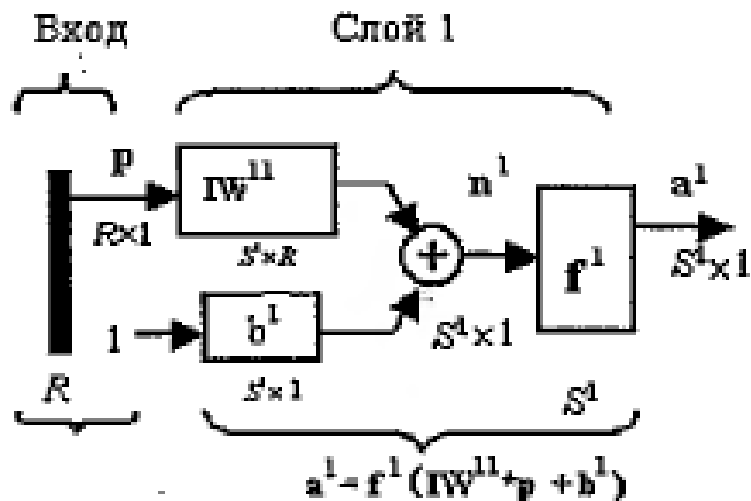
Рис. 2.9 Структурна схема одношарової мережі з S нейронами

Тут p - вектор входу $R \times 1$,

W - МАТРИЦЯ вагових коефіцієнтів $R \times S$, a , b ,

n - вектори розміру $S \times 1$.

Багатошарові мережі. Вагові матриці, з'єднані з входами, - вагами входу шару, а вагові матриці для сигналів, які виходять із шару, - вагами виходу шару. Верхні індекси використовують щоб вказати джерело і адресат для різних вагових коефіцієнтів і інших елементів мережі. Розглянемо тільки перший шар багатошарової мережі (рис, 2.10).



Рис, 2.10 Перший шар багатошарової мережі

Позначимо матрицю вагових коефіцієнтів, пов'язану з входами, через IW^{11} , верхні індекси вказують, що джерелом входів є перший шар (другий індекс) і адресатом є також перший шар (перший індекс).

Коли мережа має кілька шарів, то кожен шар має свою матрицю ваг W , вектор зміщення b вектор виходу a .

Щоб розрізняти, матриці вагових коефіцієнтів, вектори виходу для кожного з цих шарів, введемо номер шару як верхній індекс. Використання цієї системи позначення для мережі з трьох шарів можна бачити на структурній схемі (рис. 2.11).

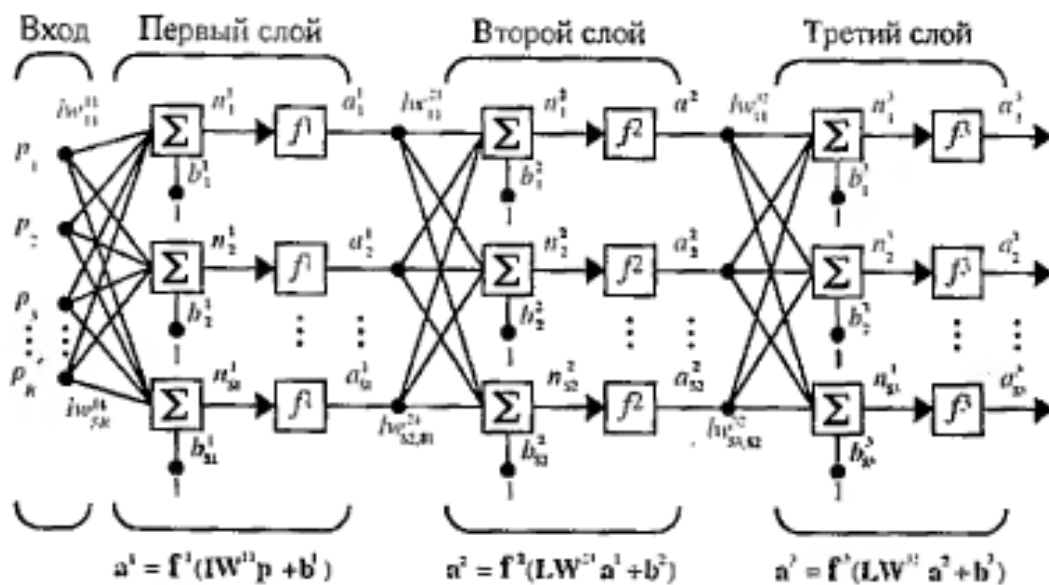


Рис. 2.11 Мережа з трьох шарів

Шари багатошарової мережі виконують різні призначення. Шар, який утворює вихід мережі, є шаром виходу. Інші шари називаються прихованими шарами. Тришарова мережу (рис. 2.11) має вихідний шар (шар 3) і 2 прихованих шари.

Вихід третього шару a^3 позначений y . Це підкреслює, що вихід останнього шару є виходом мережі.

Багатошарові мережі мають потужні можливості. Двошарова мережа, в якій першої шар містить сигмоїдальну функцію активації, а другий шар

лінійну функцію активації, може бути навчена апроксимувати будь-яку функцію з кінечним числом точок розриву.

При створенні архітектури мережі задається, скільки шарів має мережа, кількість нейронів в кожному шарі, вид функцій активації кожного шару і інформації про з'єднання шарів мережі. Архітектура мережі залежить від конкретної задачі, яку мережа вирішує.

Робота мережі полягає в обрахунку виходів мережі за відомими сигналами входів з метою формування відображення вхід / вихід.

Мережі зі зміщенням дозволяють створювати більш складні зв'язки між входами і виходами.

У багатошарових мережах застосовуються нелінійні сигмоїдальні функції активації виду гіперболічного тангенса (рис. 2.12).

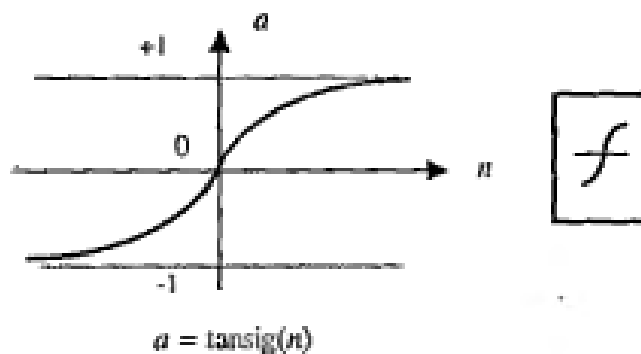


Рис. 2.12 Нелінійна сигмоїдальна функція активації tansig

В ППП Neural Network Toolbox 2 використовують спосіб адаптації і навчання: послідовний або груповий залежно від того, чи застосовується послідовне або групове представлення входів.

Перший крок створення нейронної мережі - створення її моделі. В ППП NNT для створення мереж з прямою передачею сигналу призначена функція newff. Вона має 6 вхідних і 6 вихідних аргументів:

- масив розміру $R \times 2$, що містить межі значень (мінімальне і максимальне) для кожного з R елементів вектора входу;
- масив для завдання кількості нейронів кожного шару;
- масив комірок, що містить імена функцій активації для кожного шару;

- ім'я функції навчання.

М-функція `newff` не тільки створює архітектуру мережі, а й ініціює її ваги і зміщення, готуючи нейронну мережу до навчання. Інколи виконують спеціальну процедуру ініціалізації мережі.

Після формулювання архітектури мережі, задають початкові значення ваг і зсувів – це ініціалізація мережі. Оператор виклику цього методу:

```
net = init(net);
```

Спосіб ініціалізації залежить від вибору параметрів мережі `net.iniFcn` і `net.layers {I}` `.iniFcn`. Функцію ініціалізації задає для всієї мережі параметр `net.iniFcn`. В мережах з прямою передачею сигналу використовується функція `initlay` за замовчуванням.

Для мереж з прямою передачею сигналу застосовується одна з двох функцій ініціалізації шару: `initwb` або `initnw`.

В складі статичної нейронної мережі немає елементів запізнювання і зворотних зв'язків (рис. 2.13).

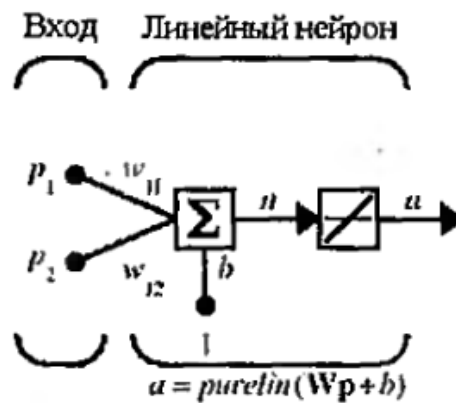


Рис. 2.13 Статична мережа

Це одношарова мережа з вектором входу двоелементним і лінійною функцією активації. Для завдання такої мережі в ППП Neural Network Toolbox призначена М-функція `Newlin`.

Якщо мережа містить лінії затримки, тоді вхід мережі треба розглядати як послідовність векторів, що потрапляють в мережу в певні моменти часу (рис. 2.14).

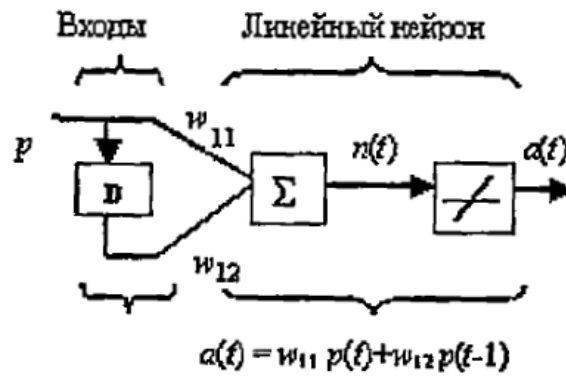


Рис. 2.14 Лінійна мережа з затримкою

При моделюванні реакції мережі для декількох послідовностей сигналів на вході, треба сформуванати масив вхідних сигналів, розмір якого з яких збігається з числом послідовностей.

На рис. 2.15 представлено формат масиву P, Q з реалізаціями послідовностей, при моделюванні мережі.

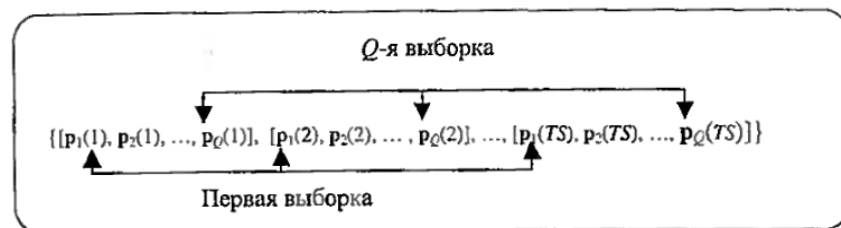


Рис. 2.15 Масиви P, Q представлені реалізаціями, при моделюванні мережі

Якщо на вхід мережі подається декілька векторів входу, то кожному входу буде відповідати 1 рядок масиву значень входів. Подання входів як масиву осередків відповідає послідовному поданню даних що спостерігаються в часі, тобто на вхід мережі подається Q вибірок з інтервалу часу [1, TS]. Вони можуть бути описані числовим масивом P:

$$P = [[p_1(1), p_1(2), \dots, p_1(TS)]; [p_2(1), p_2(2), \dots, p_2(TS)]; \dots \\ \dots; [p_Q(1), p_Q(2), \dots, p_Q(TS)]]$$

Подання входів у вигляді числового в такому форматі масиву вибірок відповідає груповому поданням даних. Реалізації вектора входу в часі на інтервалі вибірки обробляються потоком.

Neural Networks Toolbox містить бібліотеку блоків, які можуть безпосередньо бути використані для побудови нейронних мереж в середовищі Simulink. При побудові мережі можна застосовувати функцію gensim.

В командному рядку набирається команда Neural, при виконанні якої з'являється вікно виду рис. 2.16.

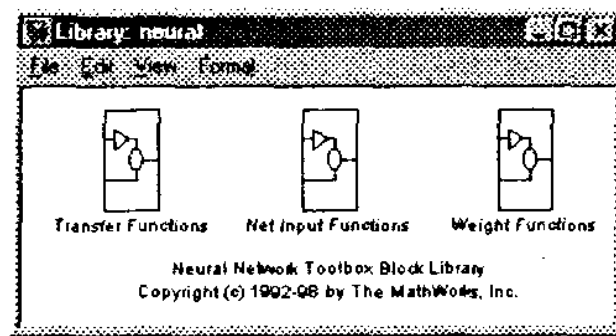


Рис. 2.16 Основні блоки нейромережових груп функцій

Кожен з блоків, є набором (бібліотекою) деяких блоків.

Блоки функцій активації (Transfer Functions). (рис. 2.17).

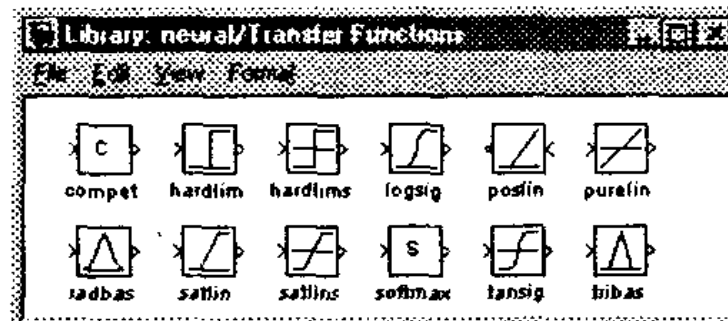


Рис. 2.17 Блоки функцій активації

Бібліотека блоків Net Input Functions, показаної на рис. 2.18.

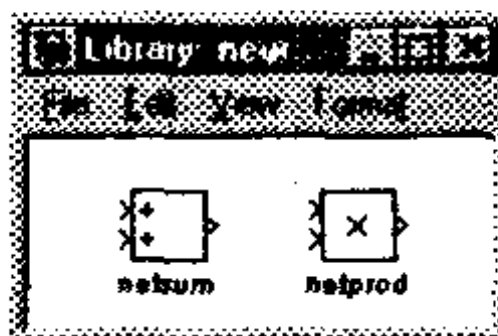


Рис. 2.18 Блоки перетворення входів мережі

Блоки цієї бібліотеки реалізують функції перетворення входів мережі.

Бібліотека блоків Weight Functions (рис. 2.19) реалізують деякі функції ваг і відстаней.

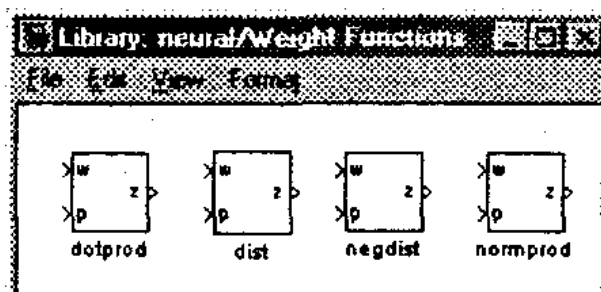


Рис. 2.19 Блоки вагових коефіцієнтів

При завданні конкретних числових значень при роботі з всіма приведеними блоками вектори необхідно представляти стовпцями, а не рядками.

2.2 РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРИВОДАМИ РОБОТА

До особливих властивостей механізмів з паралельними кінематичними ланками слід віднести наявність великої кількості приводів, всі вони працюють одночасно для реалізації переміщення робочого органу по заданій траєкторії. З точки зору енергетичної ефективності механізми з компонованням за принципом паралельної кінематики поступаються механізмам з традиційними кінематичними зв'язками. Автори зітнулися з цією проблемою при створенні мобільного робота з компонованням за схемою «Гексаподу». Для ефективного керування приводом механізму такого виду необхідно забезпечити живлення одночасно шести приводів (рис 2.20).



Рис. 2.20 Мобільний робот

Потужність системи живлення електроенергією накладає певні обмеження на потужність двигунів приводів для кожної кінематичної ланки. В

свою чергу обмеження потужності приводів кінематичних ланок призводить до погіршення технологічних можливостей робота-маніпулятора (зменшення вантажопідйомності, швидкодії, сумарного об'єму робочого простору). Ми пропонуємо вирішити цю проблему за рахунок створення спеціального алгоритму адаптивного керування приводами, який забезпечить послідовність здійснення рухів таким чином, щоб одночасно використовувалися тільки декілька приводів від загальної їх кількості.

Під траєкторією розуміється завдання руху робочого органу маніпулятора по заданій траєкторії з необхідною швидкістю переміщення по контуру. У більшості випадків необхідно забезпечити рух характерної точки робочого органу по траєкторії, що представляє собою відрізок прямої лінії, або дугу кола.

В систему управління передається інформація про координати початкової точки і кінцевої точки траєкторії, необхідної швидкості переміщення по контуру, характерних геометричних параметрах геометричних примітивів (колах, багатокутних контурах і т.і.). Забезпечення руху по заданій траєкторії покладається на систему управління і називається інтерполяцією траєкторії. Існує два види інтерполяції: лінійна і кругова. Способи вирішення задачі інтерполяції траєкторії розглянуті в літературі досить докладно. Наприклад інтерполяція по методу оціночної функції. При формуванні лінійної траєкторії вона здійснюється так. Оціночна функція F приймає наступні значення при збігу реальної траєкторії з ідеальною $0 < F$ - якщо точка реальної траєкторії знаходиться над ідеальною траєкторією; $0 > F$ - якщо точка реальної траєкторії знаходиться під ідеальною траєкторією (рис. 2.21).

У початковій точці $0 = F$ тоді здійснюється переміщення по координаті X . Нова точка потрапляє в область $0 < F$ і для наближення до ідеальної траєкторії слід здійснити переміщення по координаті Y . Третя точка потрапляє в область $0 > F$ і для наближення до ідеальної траєкторії слід здійснити переміщення по координаті X .

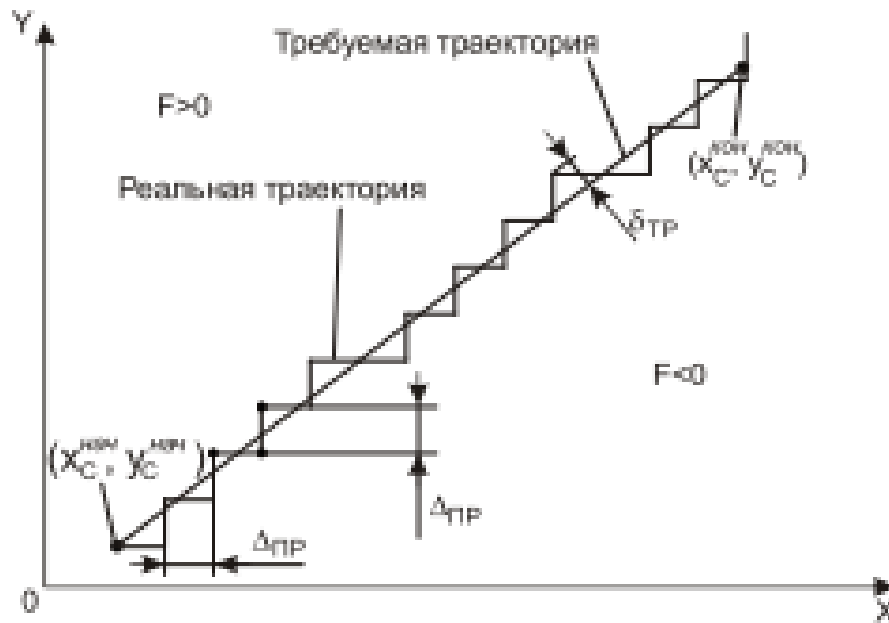


Рис. 2.21 Метод оціночної функції для лінійної інтерполяції

Знак оціночної функції визначає координату, по якій слід виконувати переміщення з поточної точки. Крок, з яким відбувається переміщення, дорівнює дискретній Δ_{TP} приводу, який здійснює переміщення робочого органу за відповідною координатою. Похибка формування траєкторії δ_{TP} для даного методу не перевищує величину Δ_{TP} [22]. При виконанні лінійної інтерполяції вираз для визначення значень оціночної функції в i -й точці траєкторії може мати вигляд

$$F_i = y_i - \frac{y_c^{\text{кон}} - y_c^{\text{нач}}}{x_c^{\text{кон}} - x_c^{\text{нач}}} x_i.$$

Для маніпулятора з паралельною кінематикою можна реалізувати спосіб, аналогічний розглянутому вище методу оціночної функції для обладнання традиційної компоновки. Розглянемо маніпулятор з паралельною кінематикою (рис. 2.20), що має 3 вхідних координати i , відповідно, 6 керованих приводів. Під вхідними координатами будемо розглядати довжини штанг механізму.

Як характерну точку елемента маніпулятора з паралельною кінематикою приймемо точку C рухомої платформи механізму. Вихідними координатами будуть три координати цієї точки в нерухомій прямокутній системі координат

OXYZ, а також кути ψ , θ γ (кути Ейлера) які визначають розворот платформи відносно точки С.

Ця задача в першу чергу має геометричну природу і полягає в виборі способу інтерполяції траєкторії руху, але потрібно забезпечити необхідні значення зусиль в приводах для здійснення маніпулюванням та прийнятні значення похибки переміщень і відхилень від заданої траєкторії переміщення. Особливістю керуванням механізму паралельної кінематики є нелінійний характер зв'язку між вхідними і вихідними координатами, тому зміна будь-якої з вхідних координат впливає на всі вихідні. Для вибору вхідної координати, яка буде використана для здійснення переміщення з поточної точки, буде необхідно задати оціночну функцію спеціального виду.

Переміщення точки С із положення $(x_{C_i}, y_{C_i}, z_{C_i})$ в положення $(x_{C_{i+1}}, y_{C_{i+1}}, z_{C_{i+1}})$ назовемо тактом руху. Для переміщення вихідної ланки механізму за такт буде задіяний привід тільки однієї штанги (змінюється одна вхідна координата).

Якщо точка С має поточні координати $(x_{C_i}, y_{C_i}, z_{C_i})$, то зміна першої вхідний координати на величину s_{PP} приведе до того, що координати точки дорівнюватимуть $(x_{C_{i+1}}^{(1)}, y_{C_{i+1}}^{(1)}, z_{C_{i+1}}^{(1)})$. При цьому також зміняться кутові координати: із положення $(\psi_i, \vartheta_i, \gamma_i)$ в положення $(\psi_{i+1}, \vartheta_{i+1}, \gamma_{i+1})$. Перетворення першої узагальненої координати переведе вектор координат вихідних точок $U_{вих}$ в положення $U_{вих(i+1)}$. Якщо перша вхідна координата зміниться на величину $-s_{PP}$, то координати вихідних точок будуть дорівнювати $(x_{C_{i+1}}^{(1)}, y_{C_{i+1}}^{(1)}, z_{C_{i+1}}^{(1)})$.

Зміна кожної з вхідних координат незалежно на величину s_{PP} або $-s_{PP(i+1)}$ дозволяє визначити масив варіантів значень вектора вихідних координат $U_{вих(i+1)}$ (рис. 2.22). Аналізуючи цей масив можна вибрати ту узагальнену координату, яка буде використана для формування переміщення з поточної точки $U_{вих(i)}$.

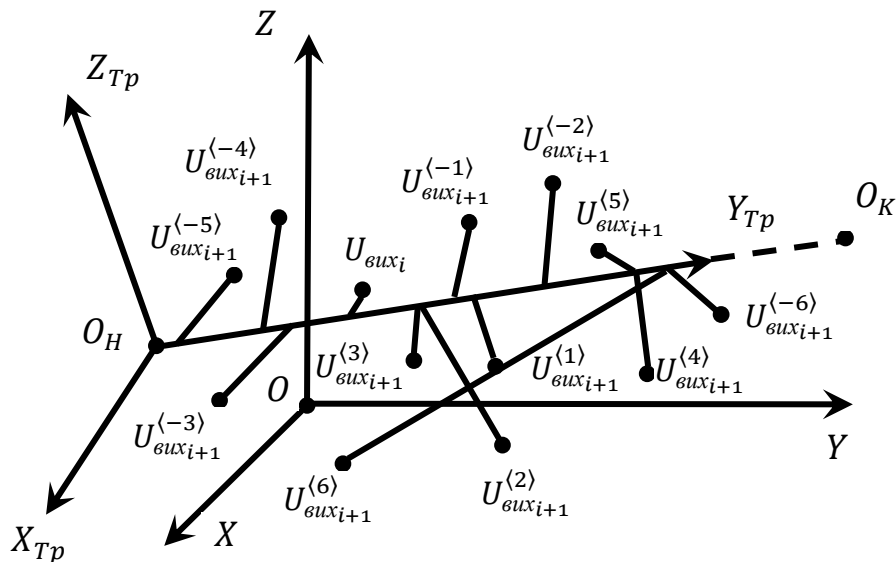


Рис. 2.22 Массив варіантів значень вектора вихідних координат

Створимо в точці O_H прямокутну систему координат $X_{Tp}Y_{Tp}Z_{Tp}$ (рис. 2.22) тоді вісь O_HY_{Tp} направлена вздовж бажаної траєкторії руху, вісь O_HX_{Tp} лежить в площині, паралельною XOY , вісь O_HZ_{Tp} доповнює трійку осей до правосторонньої системи координат. На рис. 2.23 показані проекції точок, що отримані з масиву можливих значень вектора вихідних координат $U_{vux(i+1)}^{(j)}$ (представлені тільки проекції лінійних координати) на площину $Y_{Tp}O_HZ_{Tp}$.

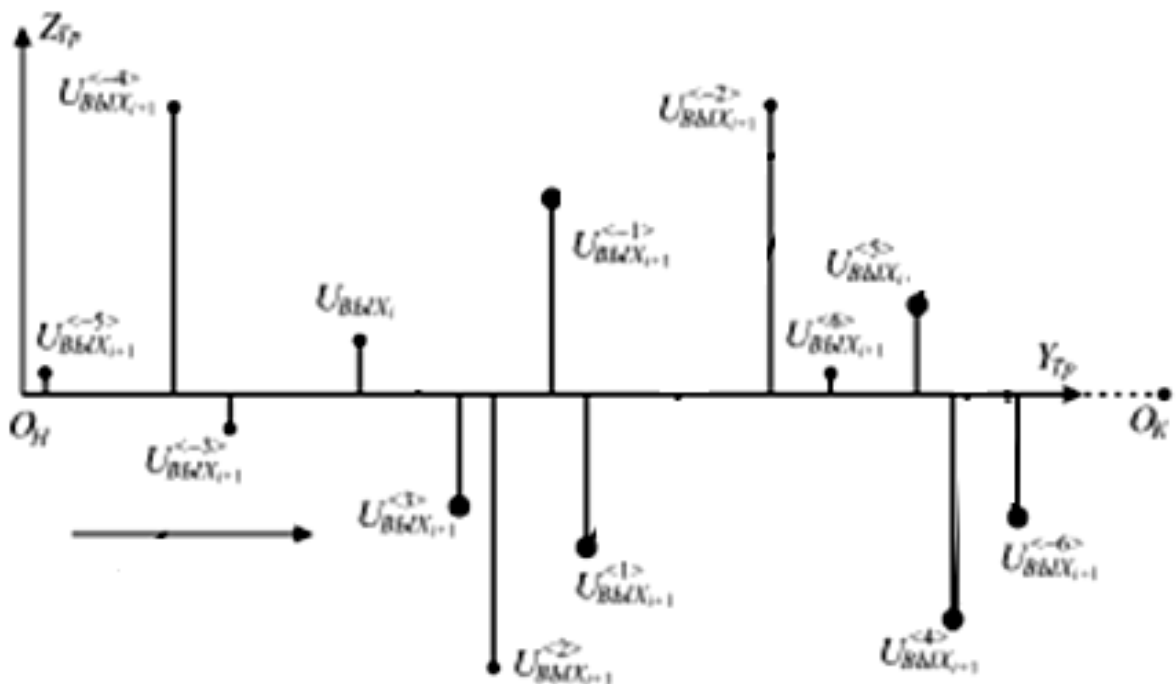


Рис. 2.23 Проекції точок на площину $Y_{Tp}O_HZ_{Tp}$

З рис. 2.23 видно, що певні точки знаходяться ближче до початкової точки траєкторії, ніж поточна точка $U_{вих(i)}$. Такі варіанти приростів координати виключаються з розгляду.

На рис. 2.24 зображені проекції точок, з масиву можливих значень вектора вихідних координат $U_{вих(i+1)}^{(j)}$, на площині $X_{Tp}O_HZ_{Tp}$.

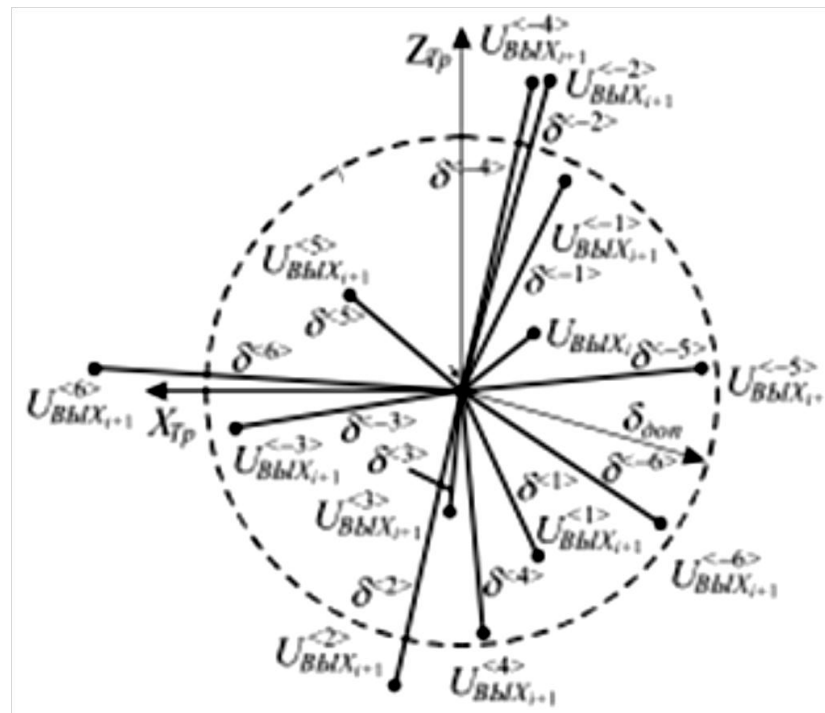


Рис. 2.24 Проекції точок на площину $X_{Tp}O_HZ_{Tp}$

Цей малюнок допомагає оцінити величину та значення відхилення $\delta^{<j>}$ точок від бажаної траєкторії. Потрібно задати деяке граничне відхилення $\delta_{дон}$, тоді можна виключити з розгляду точки для яких $\delta^{<j>} > \delta_{дон}$.

На рис. 2.24 позначені точки, які задовольняють розглянутим вище критеріям по відхиленню від напрямку переміщення і по відхиленню від бажаної траєкторії. З цих точок потрібно вибрати точку, що буде використовуватись і яка визначить, для якої узагальненої координати та з яким знаком буде здійснено прирощення, що забезпечує бажане переміщення з поточної точки $U_{вихi}$ у напрямі точки O_K на черговому такті руху.

Зміни кутових вихідних координат в процесі руху характерного елемента не розглядаються, то для реалізації переміщення доцільно вибрати точку, найбільш близьку до O_K (точка $U_{\text{вих}(i+1)}^{(-6)}$ рис. 2.24). Це дозволяє здійснювати повний перехід по траєкторії за найменшу кількість тактів.

Для вирішення задачі ефективного керування приводами робота викладену вище методику потрібно реалізувати у вигляді спеціального алгоритму (рис. 2.25)

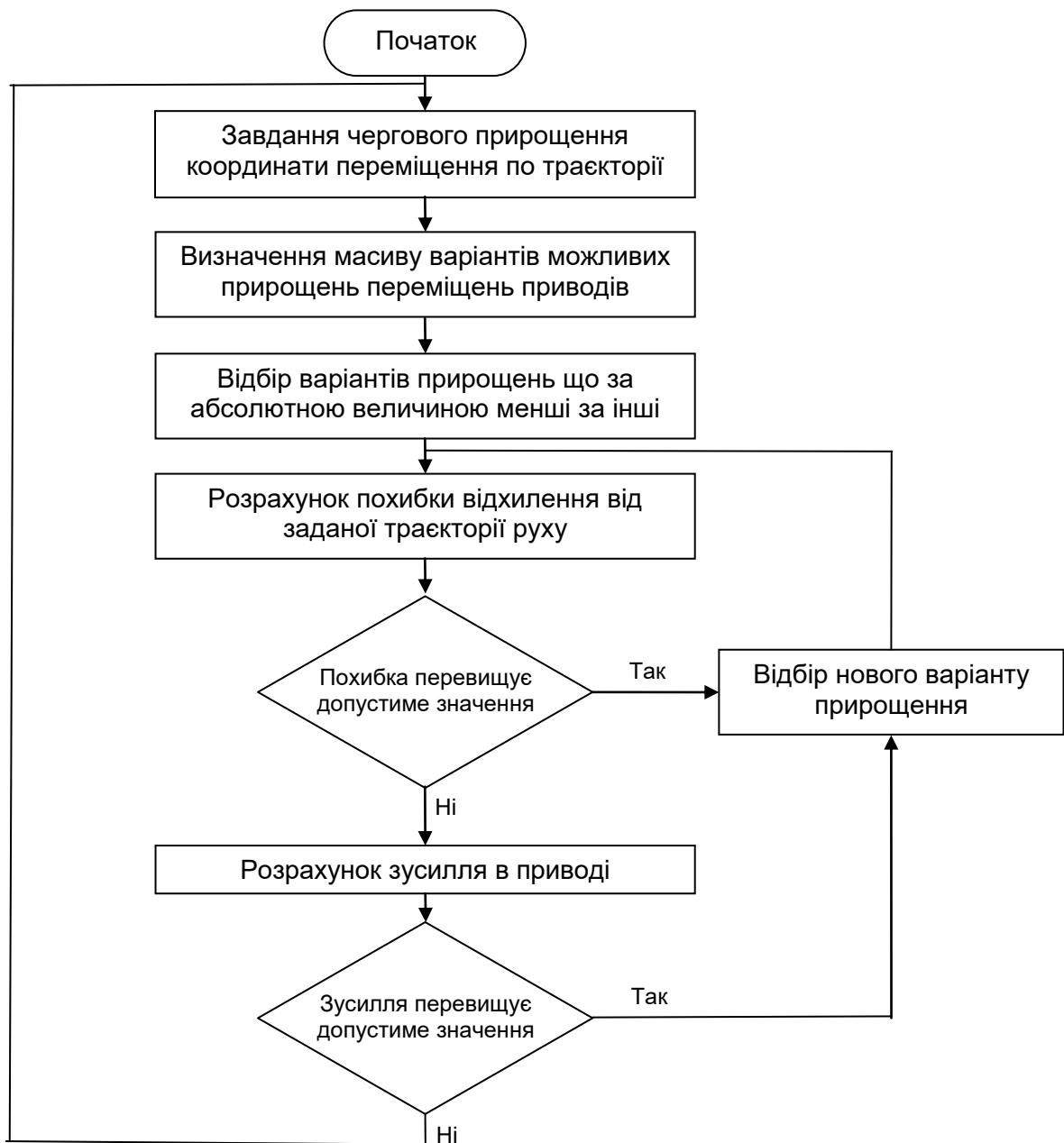


Рис. 2.25 Спеціальний алгоритм виконання ефективного керування приводами мобільного робота

Реалізацію запропонованого алгоритму було здійснено у вигляді розрахункової процедури пакету Matlab, з використанням блоків пакетів Statefloor та SimMechanics (рис. 2.26).

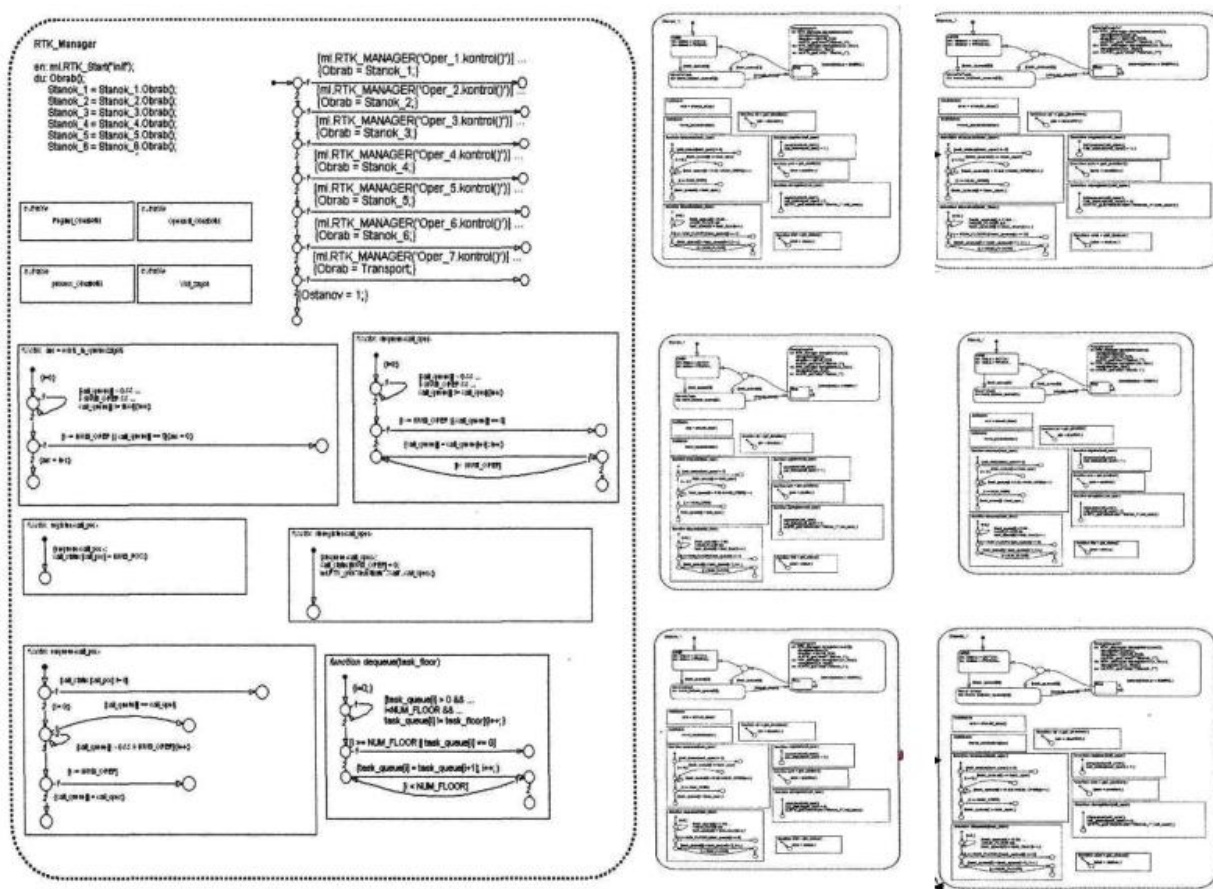


Рис. 2.26 Модуль - діаграма Statefloor для створення розрахункової процедури що реалізує алгоритм ефективного керування приводами мобільного робота

Моделювання руху платформи мобільного робота з паралельною кінематикою здійснюється за допомогою моделі, що реалізована засобами блоків пакету SimMechanics математичної системи Matlab (рис. 2.27).

Вхідними даними при моделюванні є координати траєкторії яку має відтворити при переміщенні платформа мобільного робота, навантаження платформи зі сторони сил ваги об'єкту яким здійснюється маніпулювання, координати первісного розташування шасі мобільного робота і т.і..

В залежності від співвідношення ваги об'єкта та платформи значення сили та моменту можуть бути постійними величинами або

вираховуватися додатковим модулем з урахуванням дії динамічної складової.

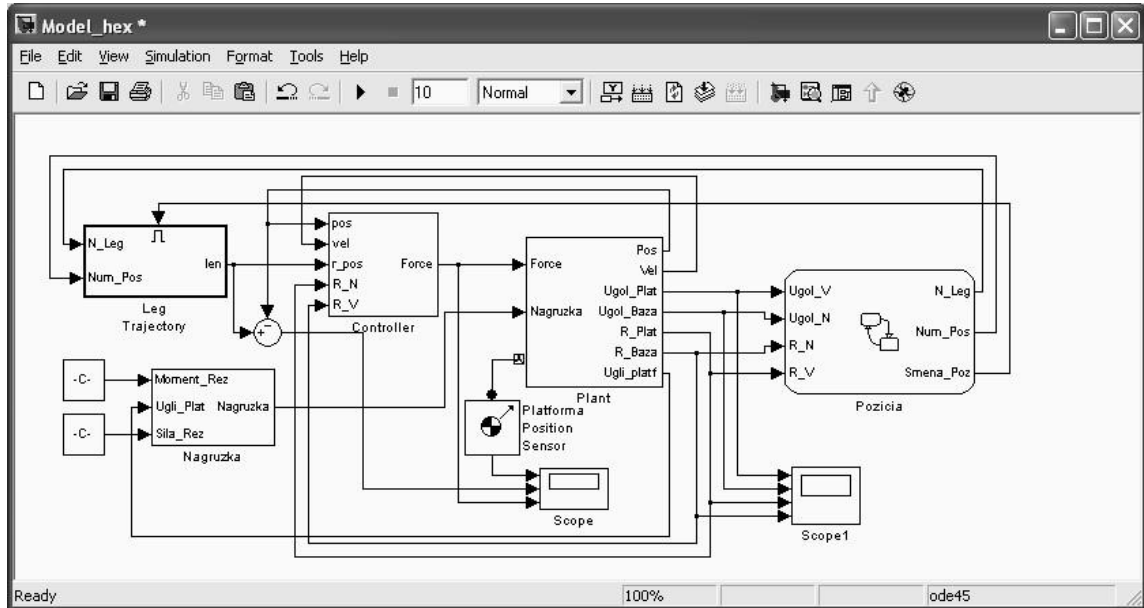


Рис. 2.27 Головний модуль розрахункової процедури

Траєкторія руху платформи задається як незалежна функція поточних координат центру захвата та функції поточних значень кутів повороту та нахилу платформи.

Моделювання руху платформи здійснюється за принципом зворотної динаміки. Геометричні характеристики руху визначаються на основі точної геометричної моделі. В розрахованні координати реальної траєкторії вноситься поправка яка враховує динамічні похибки, що виникають при русі внаслідок інерційних властивостей елементів приводів переміщення маніпулятора. Визначаються кути нахилу штанг і також реакції в шарнірах елементів привода.

На кожному кроці переміщення платформи моделі виконується перерахунок довжин штанг приводів лінійних переміщень і визначається відхилення дійсного руху від бажаної траєкторії.

Варіант роботи програми представлено на рис. 2.28. На циклограмах показана послідовність вмикання приводів лінійного переміщення штанг. На двох нижніх графіках представлено лінійна та кутова похибка переміщення робочого органа по лінійній траєкторії відповідно.

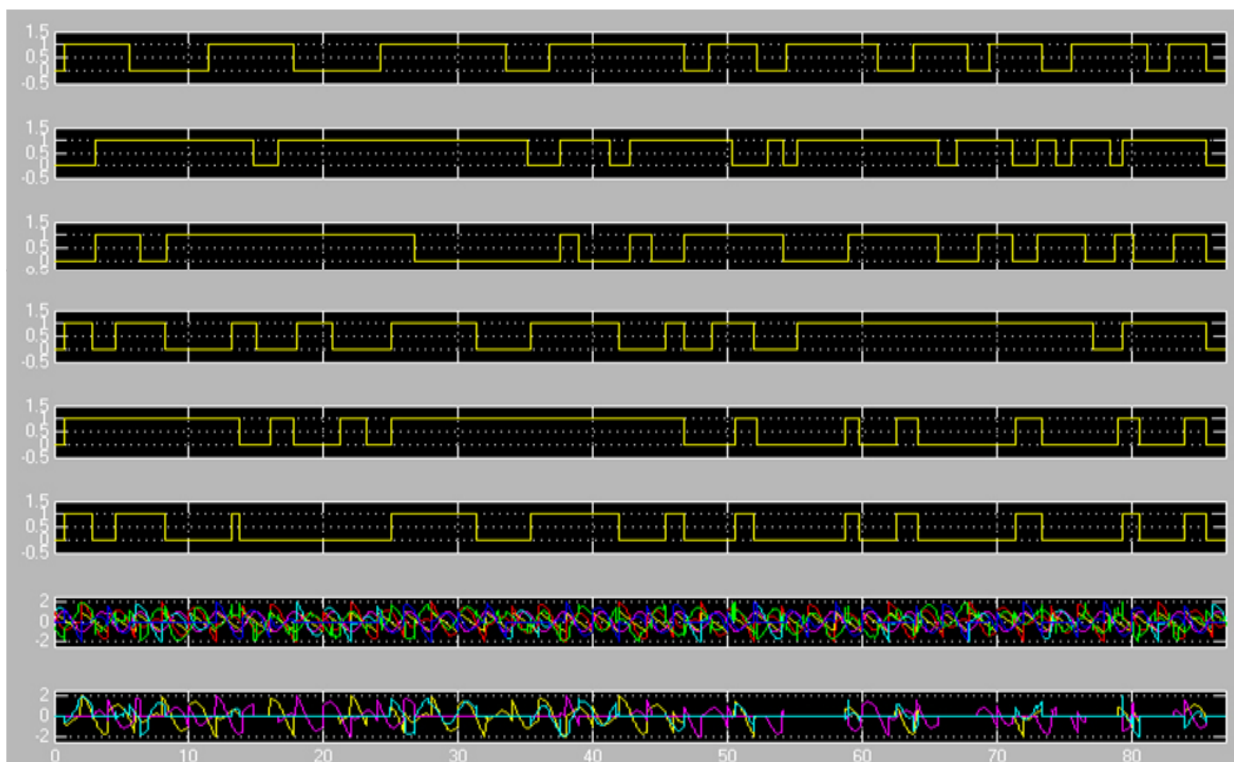


Рис. 2.28 Результати роботи програми

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 2

1. З аналізу засобів пакету ППП Neural Network Toolbox очевидно, що для реалізації алгоритму енергорефективного керування приводами механізму маніпулювання мобільного робота необхідно використати нейронну мережу багатошарової архітектури.
2. Для подальшого дослідження вибрані три типи нейронних мереж: нейронна мережа із зовнішнім входом і нелінійної авторегресії; цілепошукова нейронна мережа з затримкою у часі; нейронна мережа “Cascade-forward” із з’єднанням виходу вхідного шару з входами усіх наступних шарів.
3. Підготовку вибірок вхідних та вихідних даних для навчання мережі можливо здійснити за допомогою моделі механізму маніпулювання об’єктами мобільного робота.

РОЗДІЛ 3

ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИБРАНИХ ТИПІВ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Для вирішення задачі побудови системи енергоефективного керування були обрані три типи нейронних мереж:

- нейронна мережа із зовнішнім входом і нелінійної авторегресії (рис. 3.1)

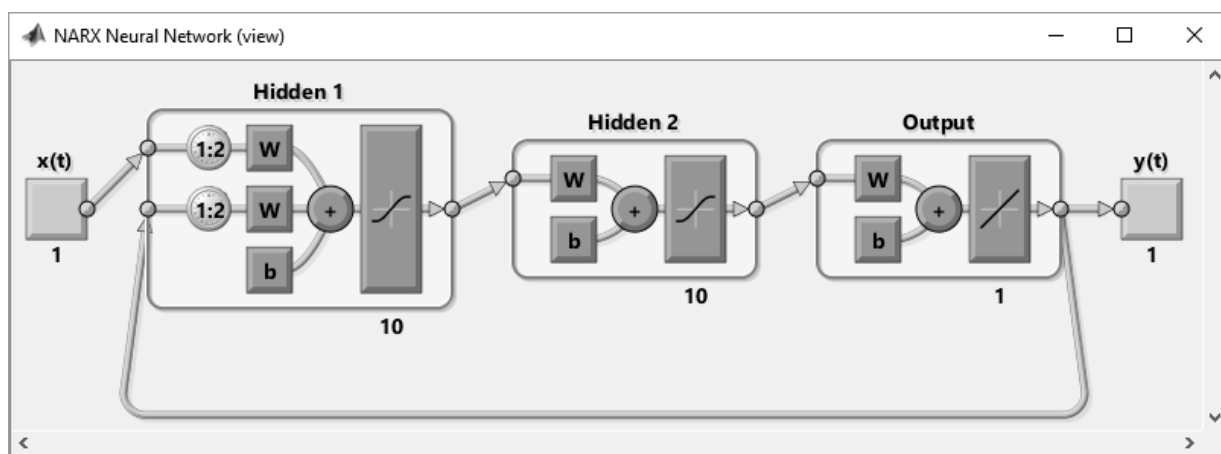


Рис. 3.1 Нейронна мережа із зовнішнім входом і нелінійної авторегресії

- цілепошукова нейронна мережа з затримкою у часі (рис. 3.2)

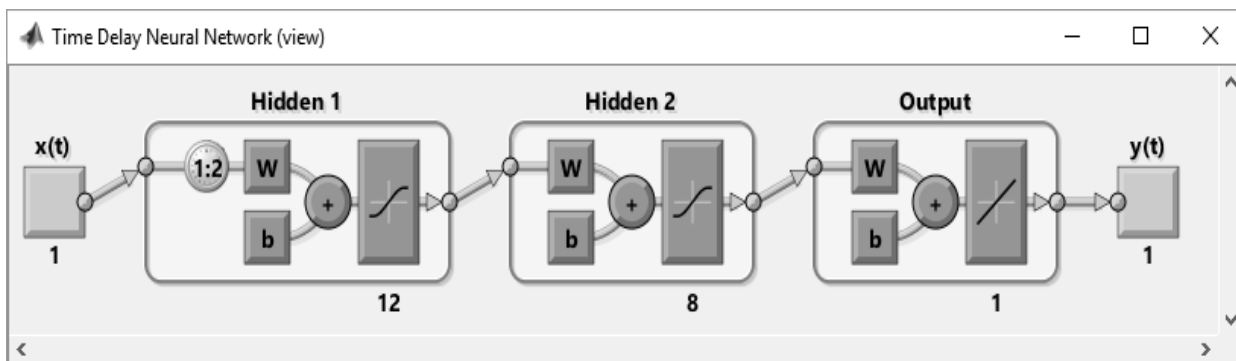


Рис. 3.2 Цілепошукова нейронна мережа з затримкою у часі

- нейронна мережа “Cascade-forward” із з’єднанням виходу вхідного шару з входами усіх наступних шарів (рис.3.3).

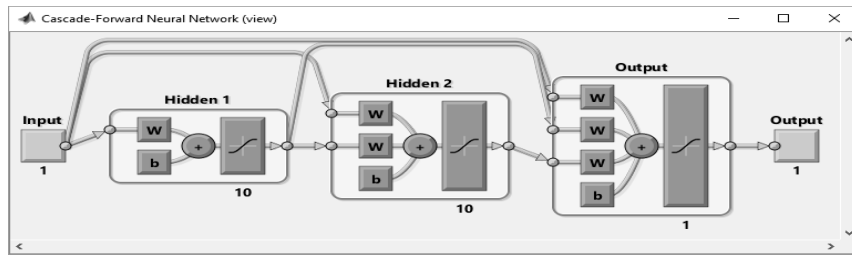


Рис. 3.3 Нейронна мережа “Cascade-forward” із з’єднанням виходу вхідного шару з входами усіх наступних шарів

Для забезпечення можливості порівняти ці мережі за однаковим набором показників параметри архітектури мереж підбирались приблизно однаковими (однакова кількість шарів та нейронів у них).

При навчанні мереж використовувались однакові вибірки вхідних сигналів і сигналів цілі створених за допомогою моделі описаної в попередньому розділі (рис. 2.27). За рахунок цього маємо можливість приблизно оцінити ефективність кожної з цих мереж за однаковим набором критеріїв. Це швидкодія, швидкість та кількість циклів навчання, величина абсолютної похибки та величина градієнта похибки.

При здійсненні досліджень були створені SIMULINK моделі цих типів мереж.

На рис. 3.4 представлена SIMULINK модель нейронної мережі із зовнішнім входом і нелінійної авторегресії.

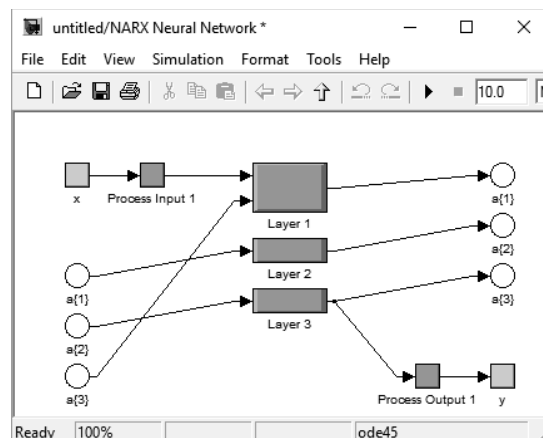


Рис. 3.4 Нейронна мережа із зовнішнім входом і нелінійної авторегресії

Модель містить два приховані шари, один вхідний шар і один вихідний шар (рис. 3.5).

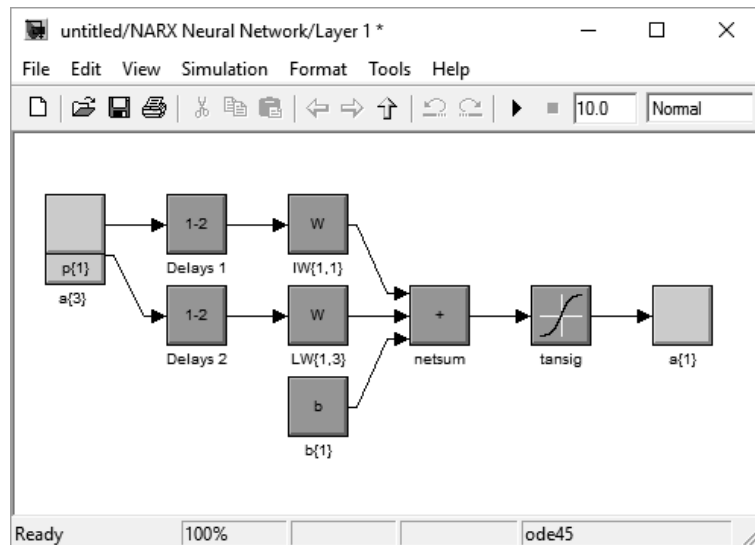


Рис. 3.5 Архітектура нейронної мережі із зовнішнім входом і нелінійної авторегресії

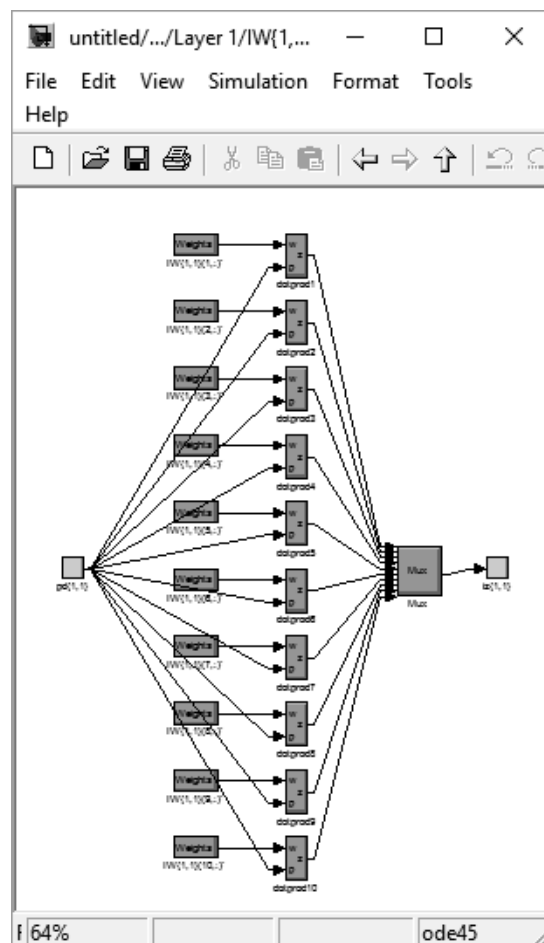


Рис. 3.6 Нейрони першого прихованого шару мережі

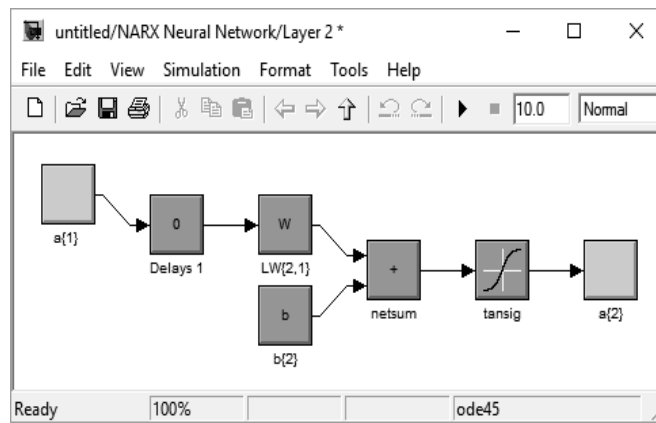


Рис. 3.7 Структура першого прихованого шару

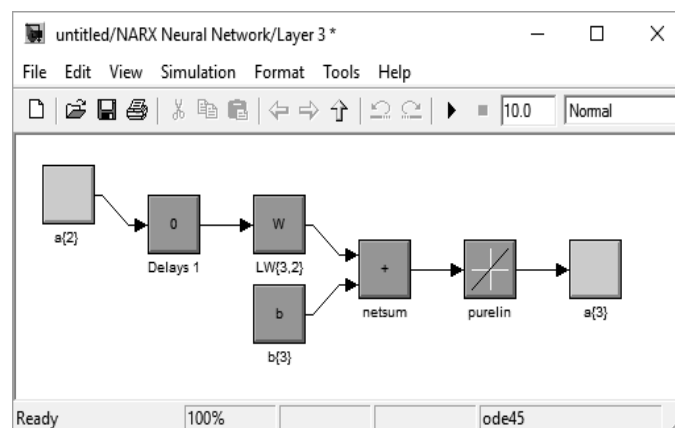


Рис. 3.8 Структура другого прихованого шару мережі

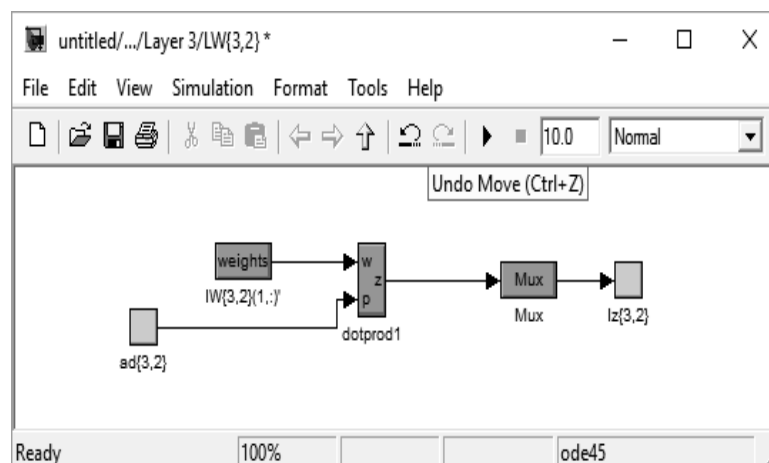


Рис. 3.9 Структура вихідного шару мережі

Показники ефективності навчання мережі, які були досягнуті представлені на рис. 3.10-3.15.

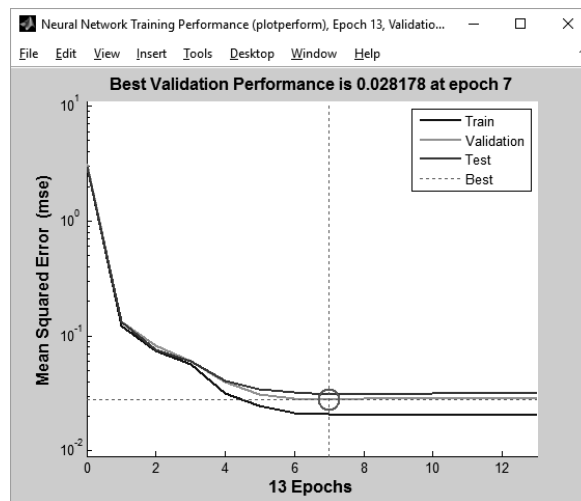


Рис. 3.10 Похибка та час навчання мережі

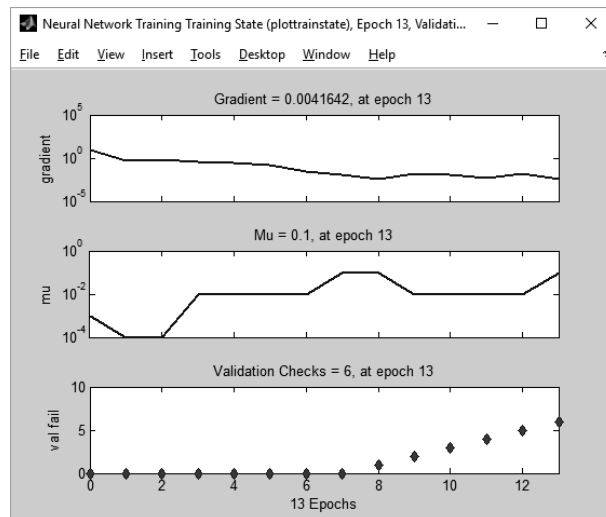


Рис. 3.11 Градієнт похибки по кроках навчання

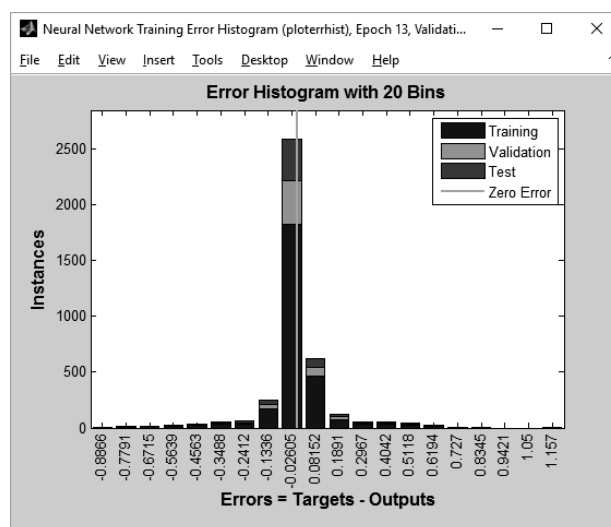


Рис. 3.12 Гістограма розподілу похибки мережі

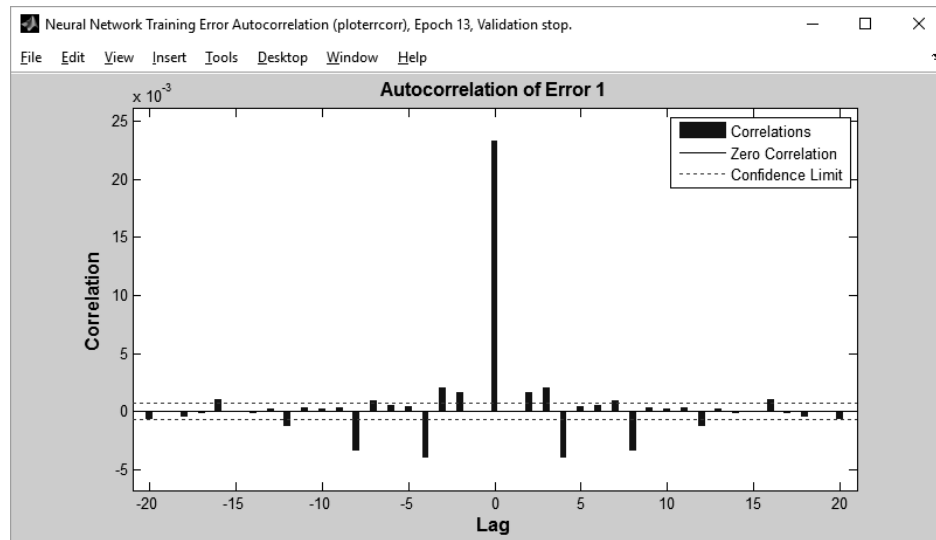


Рис. 3.13 Автокореляційна функція похибки

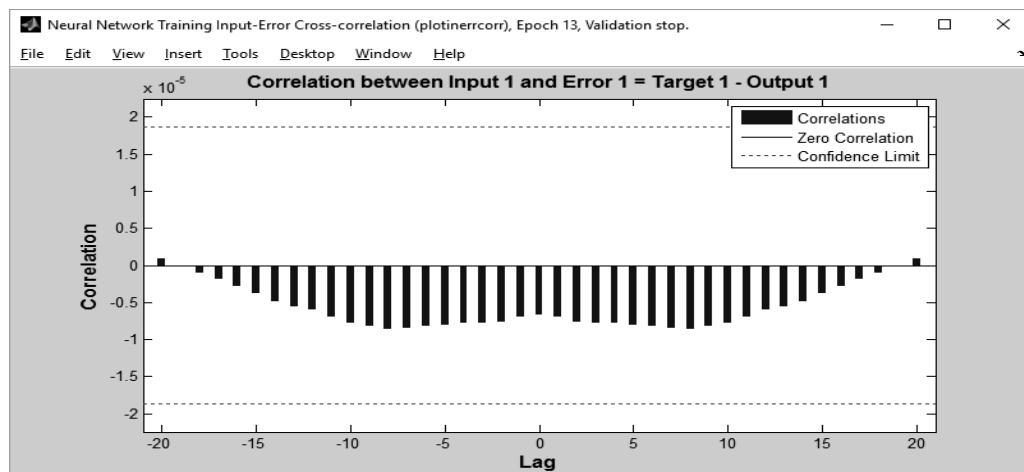


Рис. 3.14 Кореляція похибки мережі і вхідного сигналу

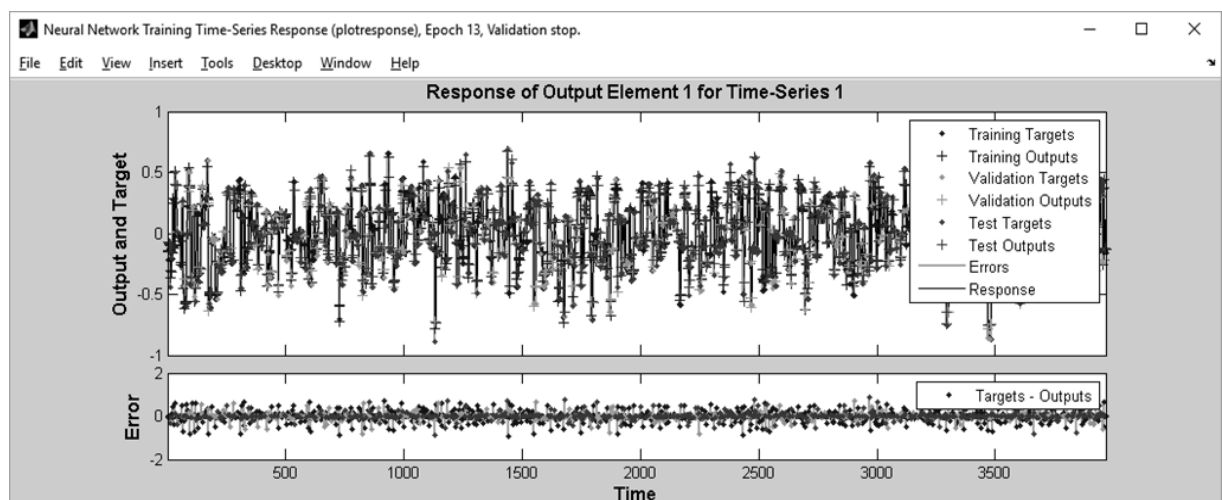


Рис. 3.15 Вихідний сигнал мережі і похибка цілі

На рис. 3.16 представлена SIMULINK модель цілепошукової нейронної мережі з затримкою у часі. Модель містить один вхідний шар, два приховані шари (рис. 3.17) і один вихідний шар (рис. 3.19).

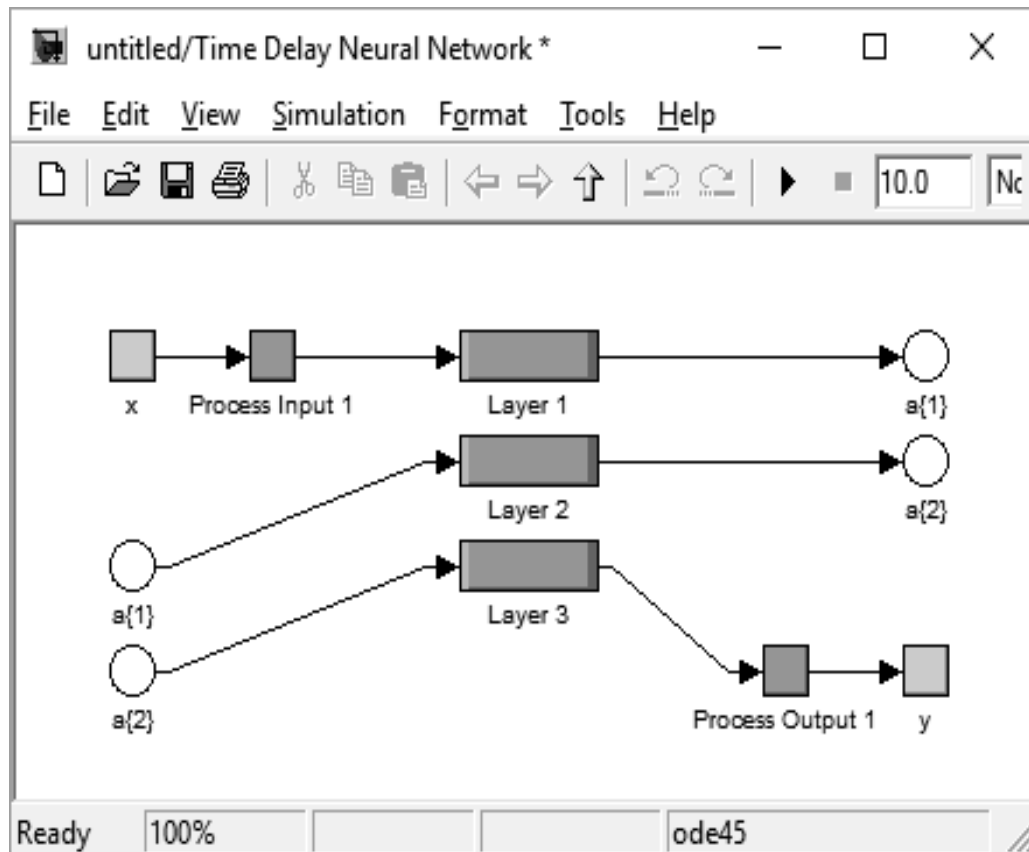


Рис. 3.16 Архітектура цілепошукової нейронної мережі з затримкою у часі

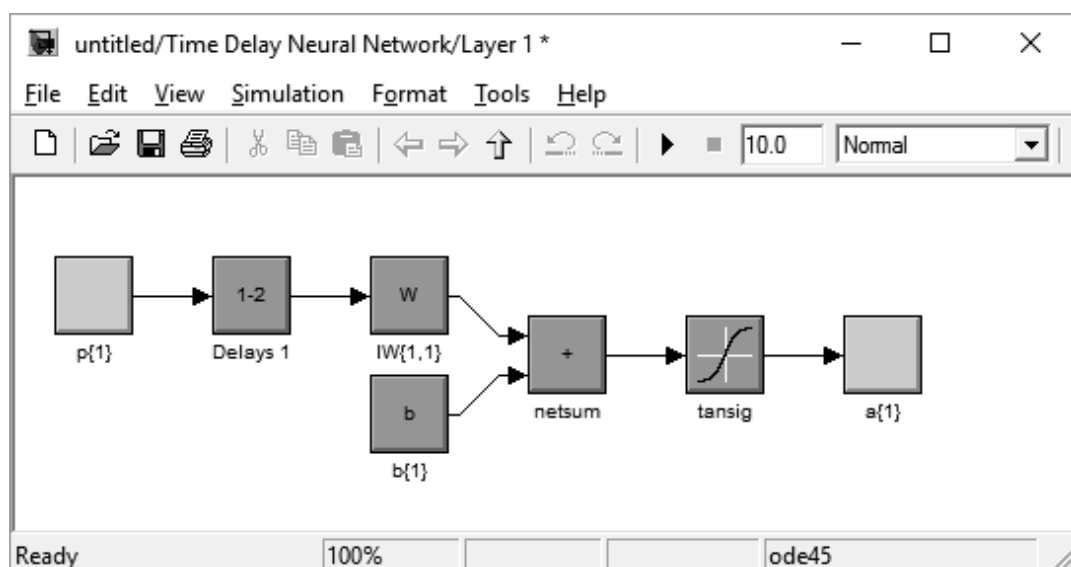


Рис. 3.17 Структура першого прихованого шару мережі

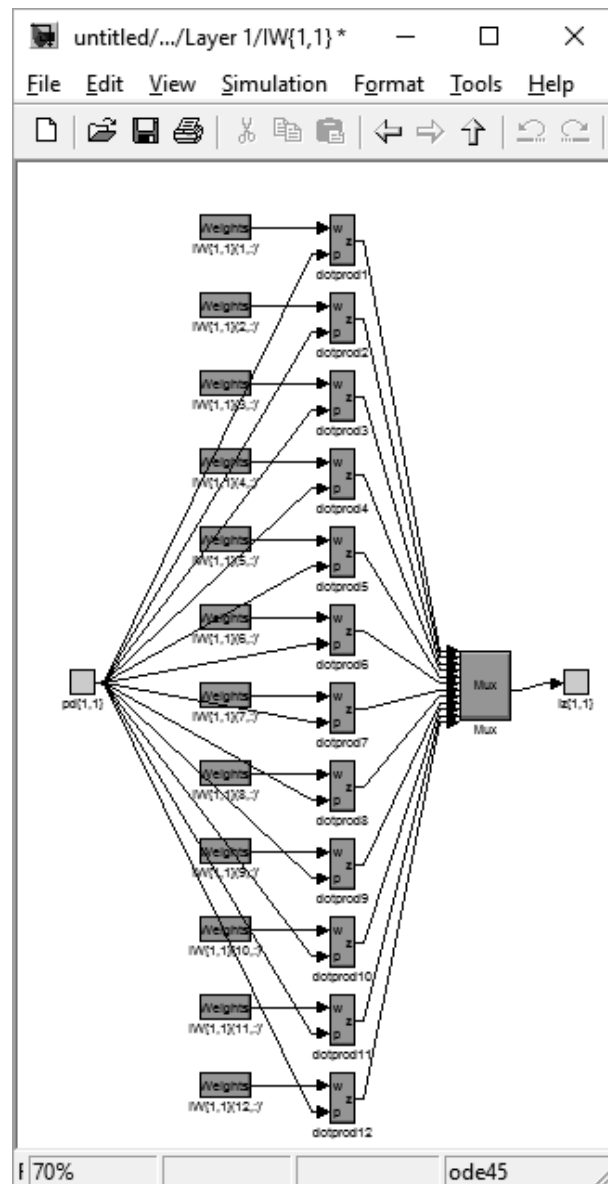


Рис. 3.18 Нейрони першого прихованого шару

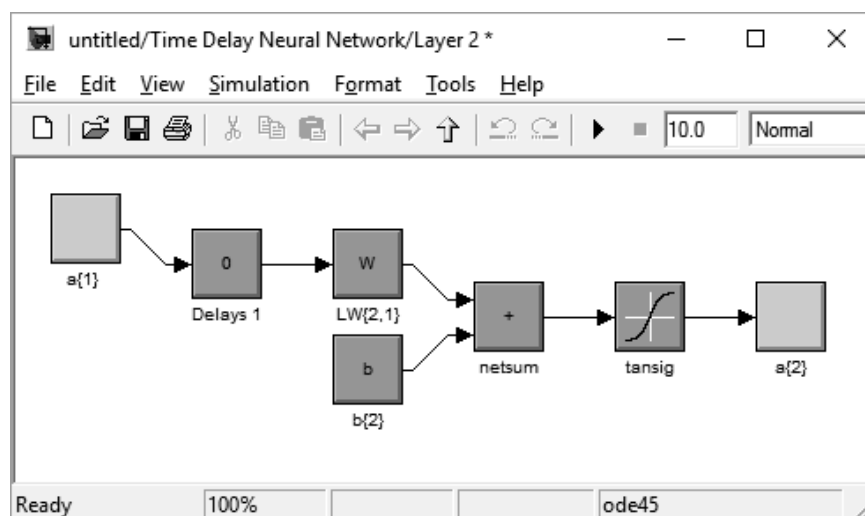


Рис. 3.18 Структура другого прихованого шару мережі

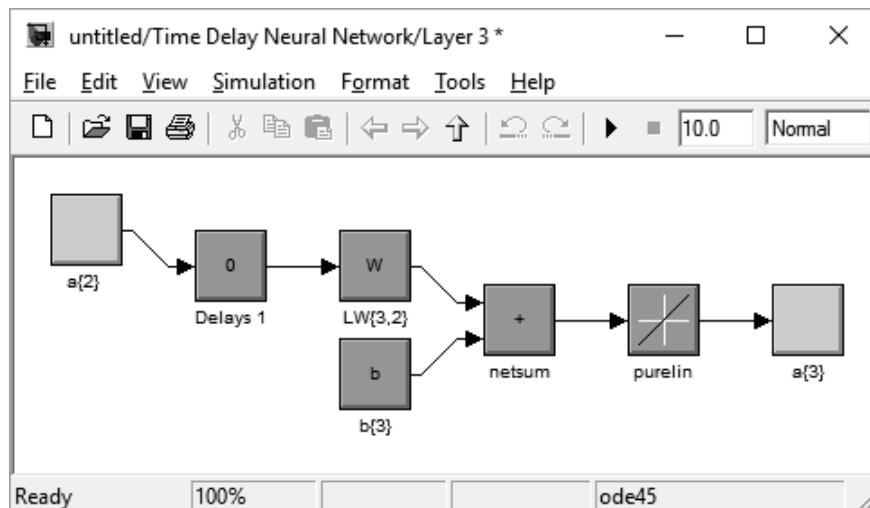


Рис. 3.19 Структура вихідного шару мережі

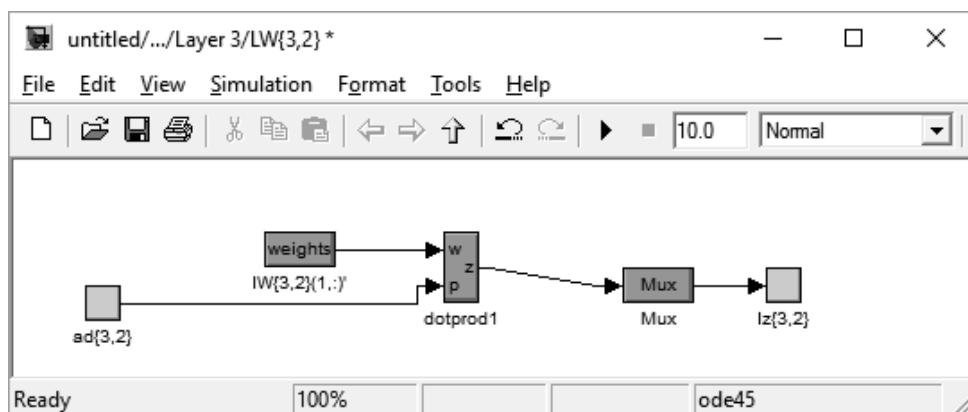


Рис. 3.20 Нейрони вихідного шару мережі

Показники, які були досягнуті при навчанні мережі представлені на рис. 3.21-3.25.

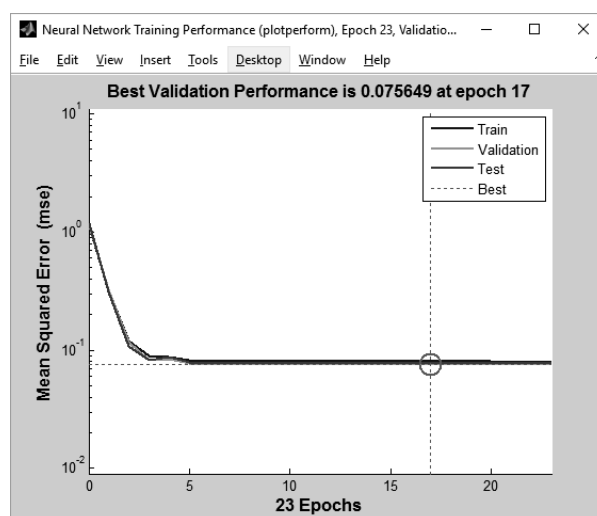


Рис. 3.21 Похибка та час навчання мережі

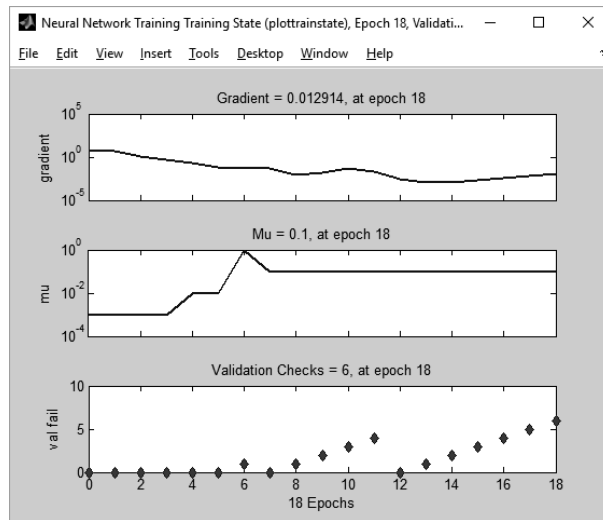


Рис. 3.22 Градієнт похибки по кроках навчання

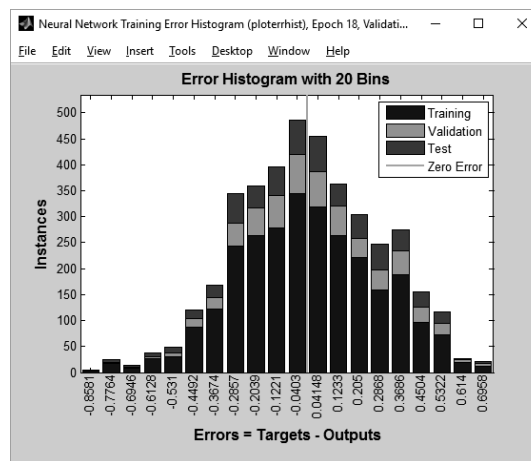


Рис. 3.23 Гістограма розподілу похибки мережі

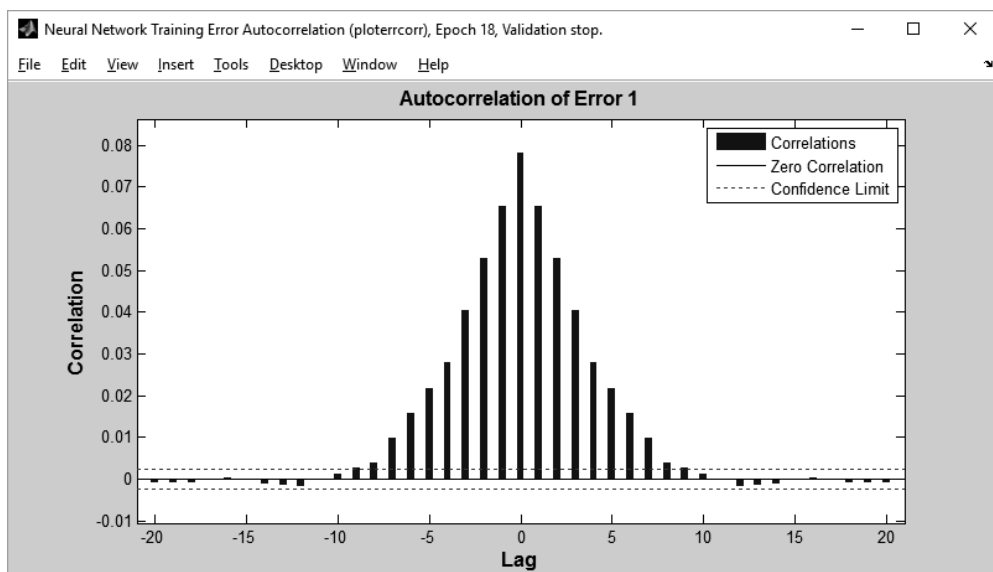


Рис. 3.24 Автокореляційна функція похибки

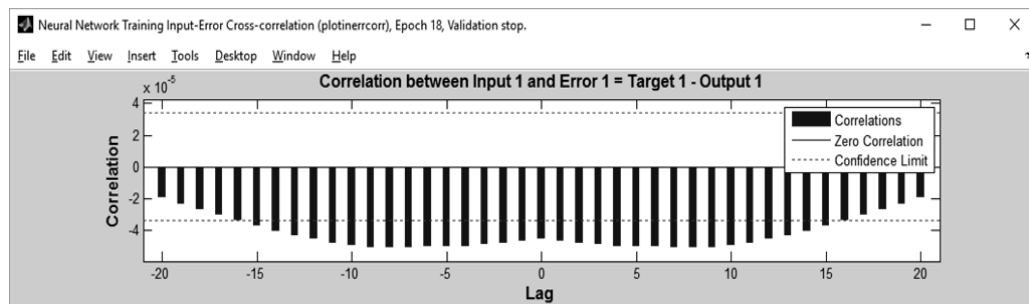


Рис. 3.25 Кореляція похибки і вхідного сигналу мережі

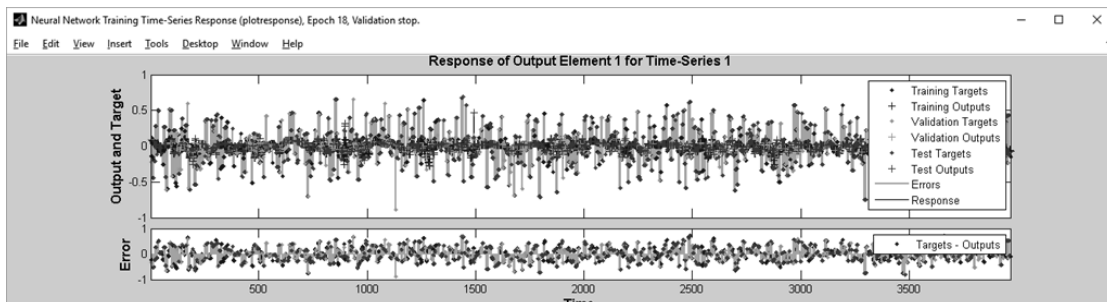


Рис. 3.26 Вихідний сигнал мережі і похибка цілі

На рис. 3.27 представлена SIMULINK модель мережі “Cascade-forward” із з’єднанням виходу вхідного шару з входами усіх наступних шарів. Модель містить один вхідний шар (рис. 3.28), три приховані шари (рис. 3.30-3.31) і один вихідний шар (рис. 3.33)

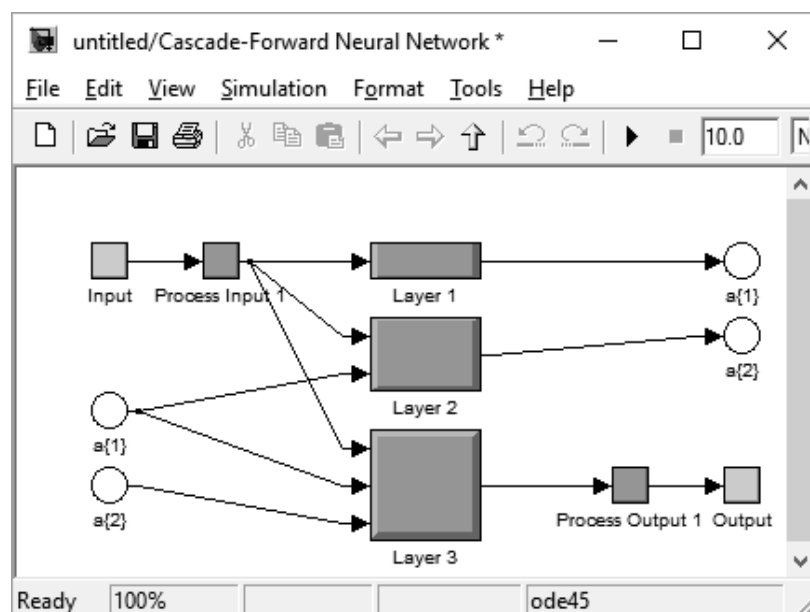


Рис. 3.27 Архітектура нейронної мережі “Cascade-forward” із з’єднанням виходу вхідного шару із входами усіх наступних шарів

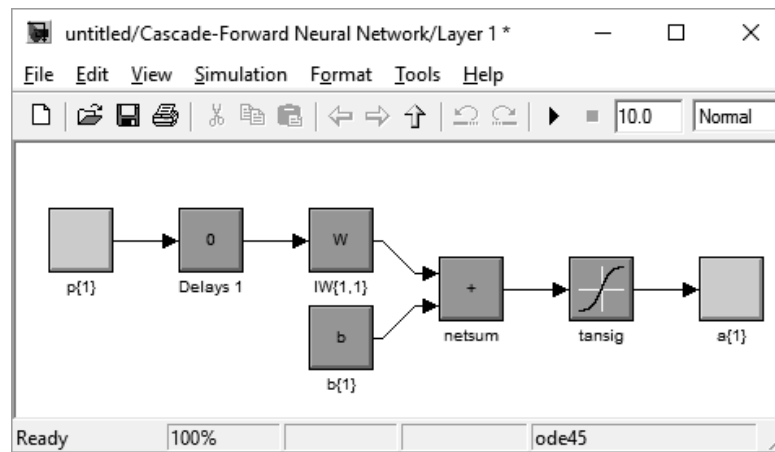


Рис. 3.28 Структура першого прихованого шару мережі

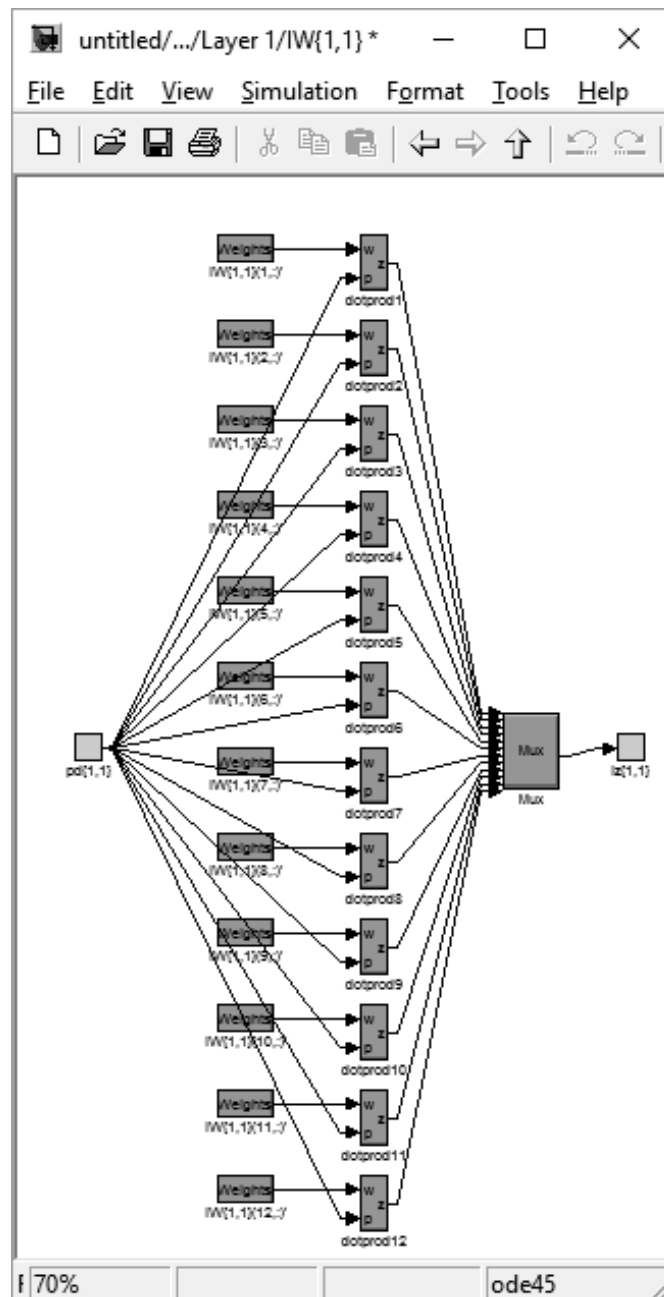


Рис. 3.29 Нейрони першого прихованого шару

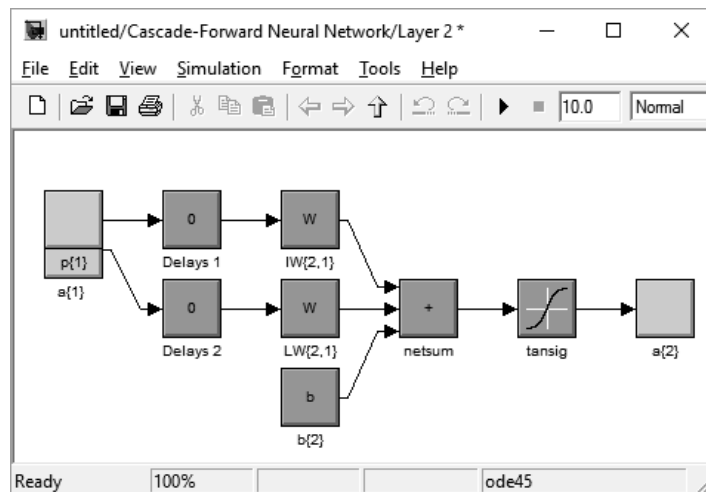


Рис. 3.30 Структура другого прихований шару мережі

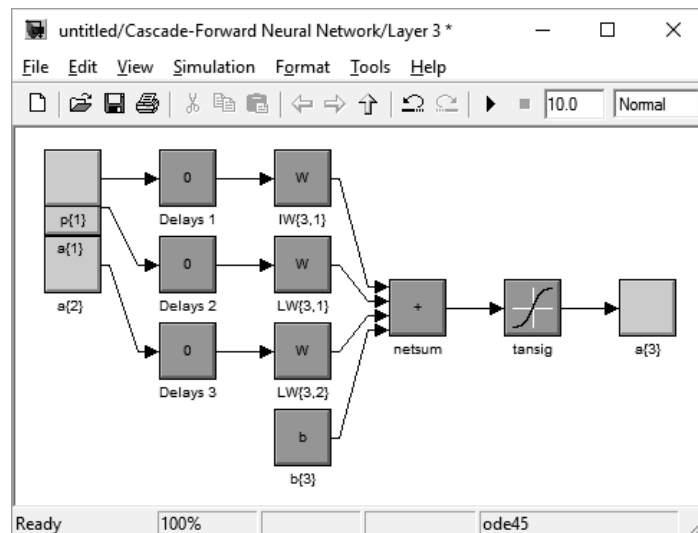


Рис. 3.31 Структура третього прихованого шару

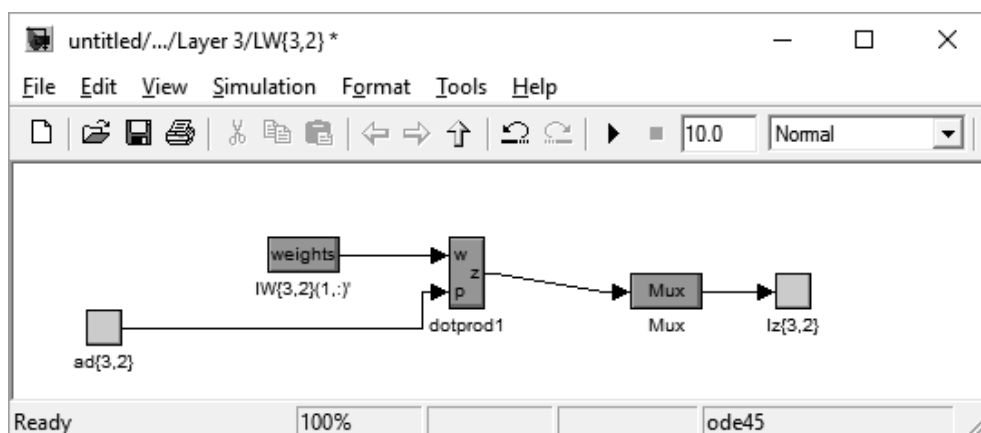


Рис. 3.32 Нейрон вихідного шару мережі

Показники, досягнуті при навчанні мережі представлені на рис. 3.33-3.37.

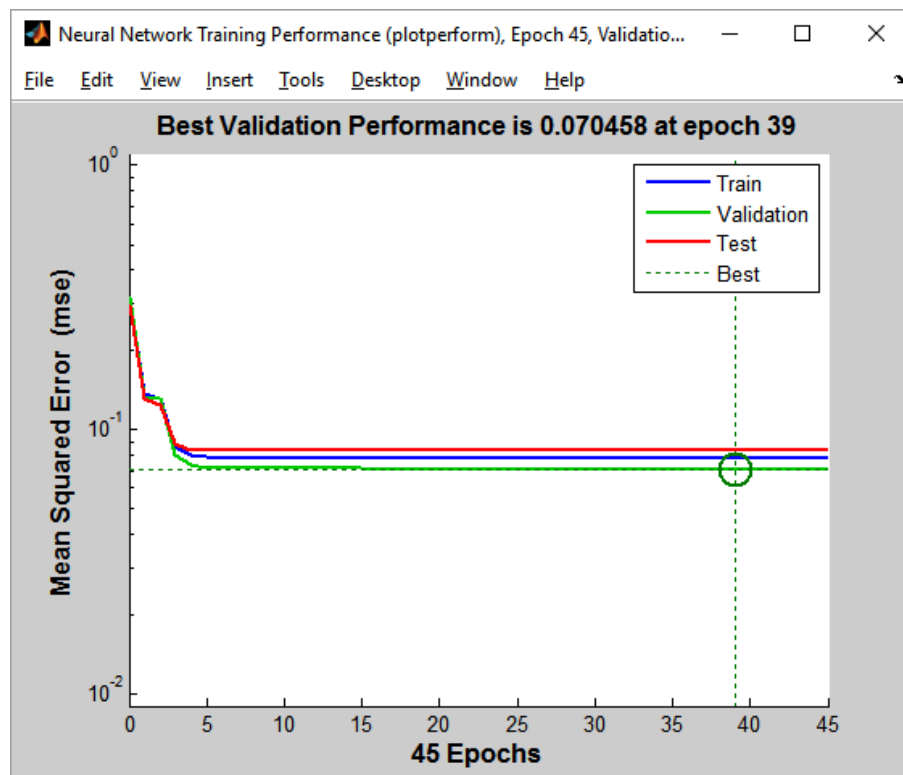


Рис. 3.33 Похибка та час навчання мережі

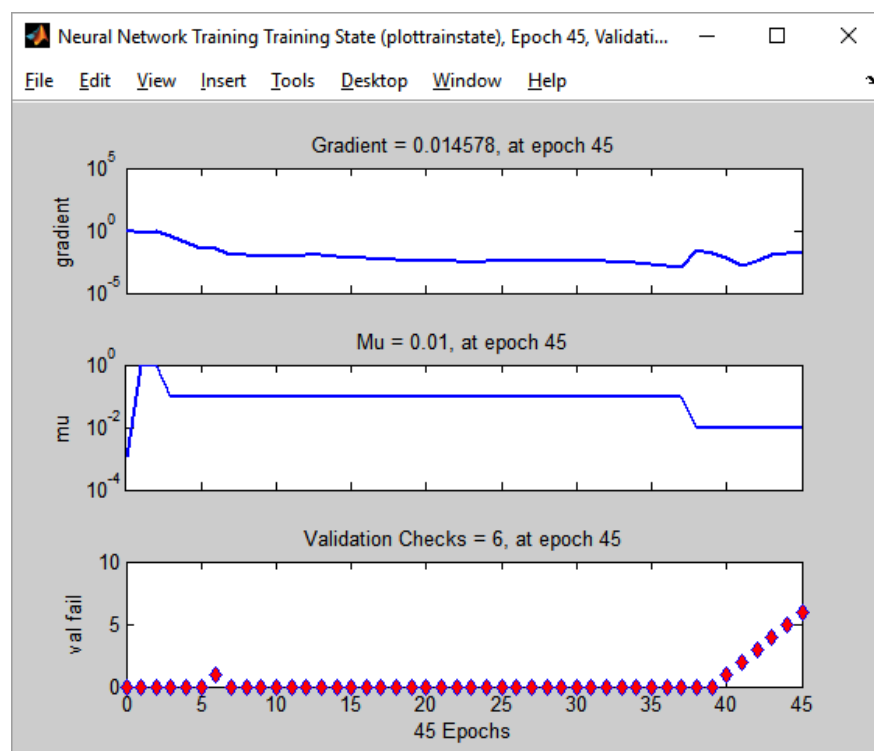


Рис. 3.34 Величина градієнту похибки по кроках навчання

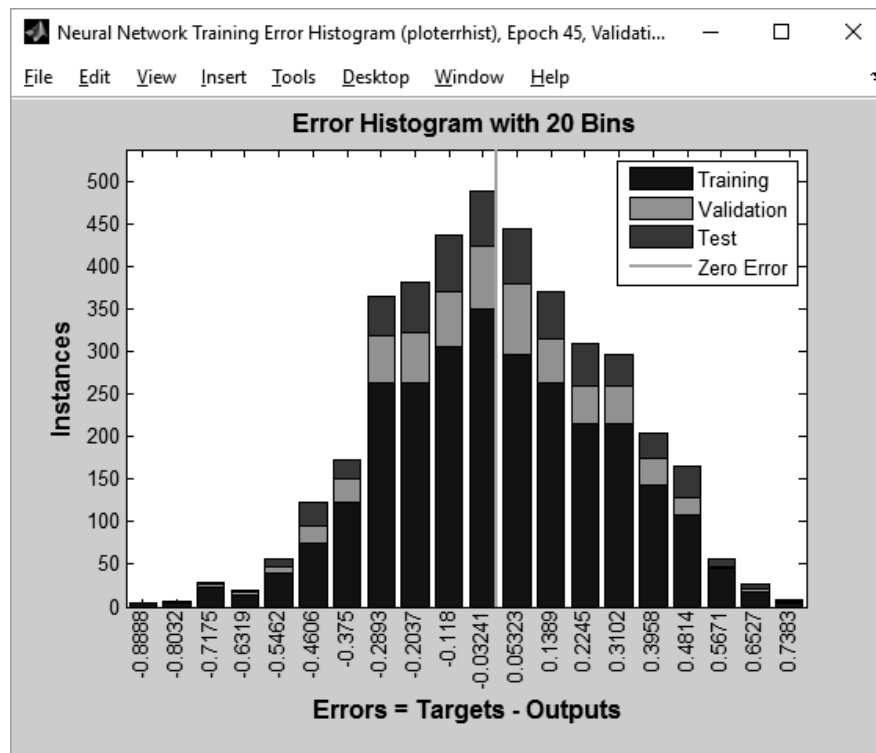


Рис. 3.35 Гістограма розподілу похибок мережі

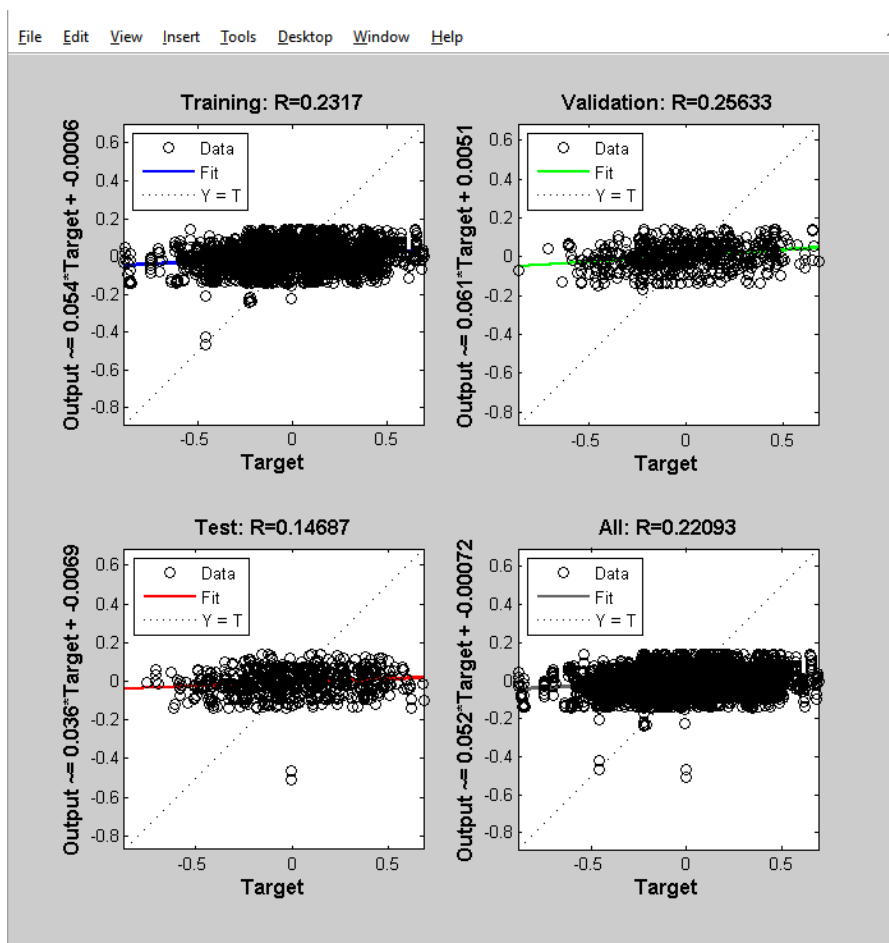


Рис. 3.36 Лінійна регресія цілі та виходу мережі при навчанні мережі

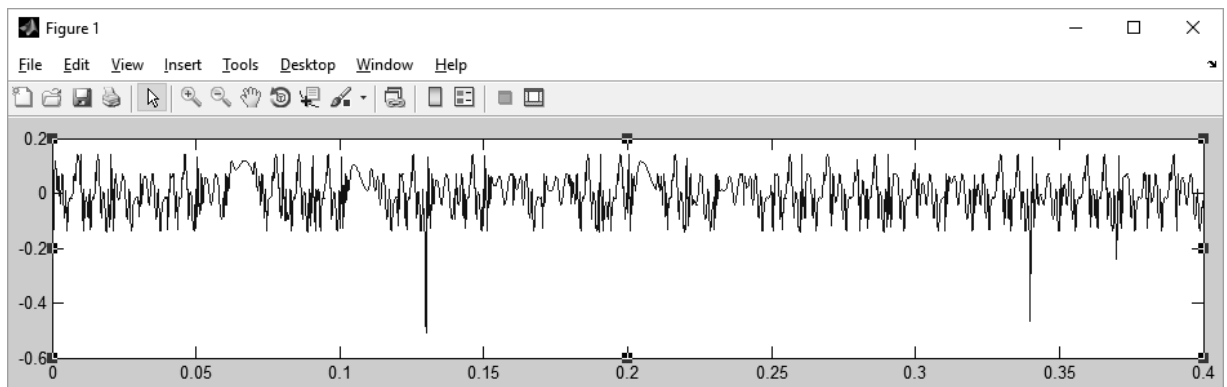


Рис. 3.37 Вихідного сигнал мережі

Приклад роботи нейронних мереж представлений на рис. 3.38. Задана траєкторія являє собою дугу кола радіуса 80 мм. Колами позначені точки траєкторії які визначила нейронна мережа із зовнішнім входом і нелінійної авторегресії, зірочками точки траєкторії які визначила цілепошукова нейронна мережа з затримкою у часі, а трикутниками точки траєкторії які визначила нейронна мережа “Cascade-forward” із з’єднанням виходу вхідного шару з входами усіх наступних шарів.

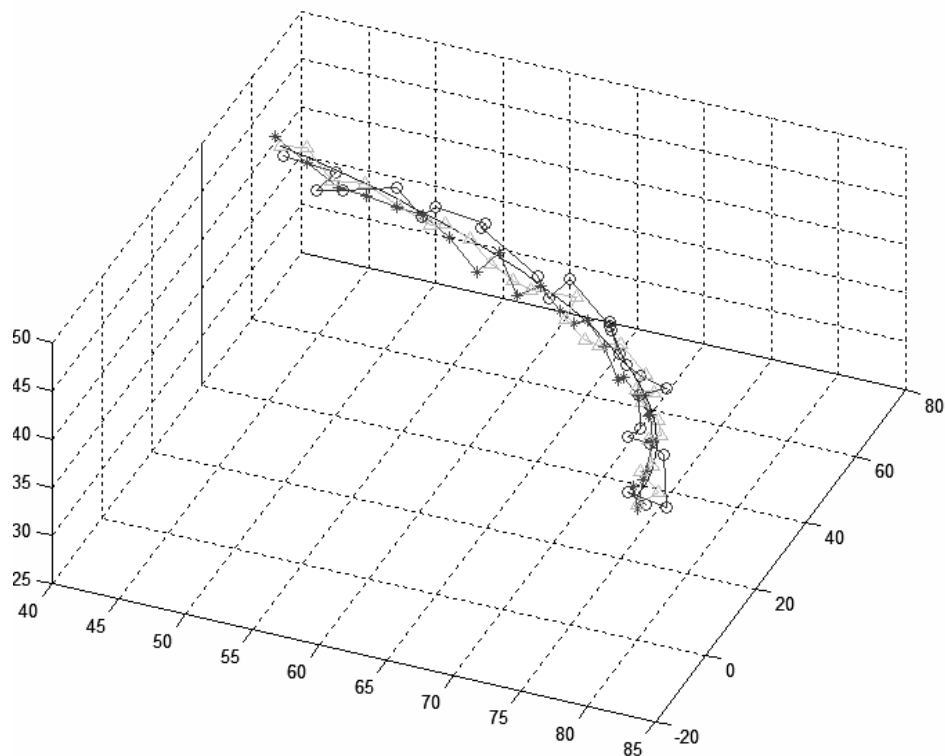


Рис. 3.38 Похибка розрахунку траєкторії при переміщенні робочого органу по колу

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 3

1. Порівняння показників якості досліджуваних мереж показало, що за цими показниками найбільш ефективною виявилась нейронна мережа із зовнішнім входом і нелінійної авторегресії. Саме ця мережа пропонується для виконання подальших досліджень.

2. При створенні навчальної вибірки та вибірки цілі бажано виконати підготовку даних з тим, щоб уникнути тренду вхідних сигналів. Бажано порушити лінійність зростання значень сигналів, які використовуються як вхідні. Це можна здійснити, перегрупувавши вхідні дані.

РОЗДІЛ 4

4.1 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

Стартап проекти вважаються однією з головних складових сучасної економіки. Ця форма ризикового або венчурного підприємництва в останні десятиліття набула особливо широкого розповсюдження. Широка популяризація стартап-проектів пов'язана з появою та розвитком Інтернету, який суттєво полегшує процес пошуку інвесторів та споживачів. Поява стартапів та збільшення частки подібних проектів в світовій економіці призводить до зростання загальної маси інноваційних ідей.

Варто зауважити, що далеко не всі стартап проекти є успішними. Реалізація таких проектів завжди супроводжується високим ризиком. Статистика свідчить, що лише 10 – 20 % ідей дають позитивний результат з точки зору економічної вигоди. Сама по собі ідея проекту не є цінною. Головною задачею будь-якого керівника стартапу є перетворення креативної ідеї в успішний бізнес. Процес завжди починається з формування концепції товару та визначення зацікавленої в ньому за наявних ринкових умов клієнтської групи.

Передбачена низка кроків, з яких починається розробка та впровадження більшості подібних проектів. Ці кроки включають в себе визначення перспектив ідеї в актуальних на час розробки економічних умовах, принципи та графік організації виробничого процесу. Одним з головних кроків є визначення можливих ризиків, а також планування заходів, спрямованих на пошук зацікавлених в ідеї інвесторів.

Метою цього розділу є проведення маркетингового аналізу проекту, що допоможе зрозуміти перспективи його впровадження. Даний аналіз буде проведено на основі представленого нижче алгоритму.

Опис ідеї проекту (технології).

Цей підпункт допоможе проаналізувати наступне:

- концепція ідеї;

- перспективні напрямки впровадження;
- вигода від товару з точки зору покупця;
- відмінність від представлених на ринку аналогів.

4.1. В межах перших трьох пунктів можна сформулювати чітке уявлення про запропоновану ідею, а також визначити потенційні ринки для впровадження, пошуку цільових груп покупців (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 Опис ідеї стартап проекту

<i>Зміст ідеї</i>	<i>Напрямки застосування</i>	<i>Вигоди для користувача</i>
МОДЕЛЬ КЕРУВАННЯ ПРИВОДАМИ МОБІЛЬНОГО РОБОТА НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ	Використання у військових сферах	зменшується енергоємність приводів
	Для пошуку та порятунку людей	підвищення точності та ефективності керування
	Використання у зоні ЧАЕС	зменшення вартості системи керування та підвищення надійності її роботи

4.2 Визначити відмінність запропонованої ідеї від аналогів, тобто, знайти можливі техніко-економічні переваги пропозиції в порівнянні з продукцією конкурентів можна наступним чином (табл. 4.2).

Таблиця 4.2. – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту.

№ п/ п	Техніко- економічні характеристи ки ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтра льна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкур ент1	Конкуре нт2	Конку - рент 3			
1.	Робот на основі нейронної мережі	Робот	Уран-6	Andros F6a	Etods	Тяжко керувати	Швидкість роботи	Меньші розміри
2.	Підвищення точності та ефективності керування	Робот	Уран-6	Andros F6a	Etods	Запас міцності	Габаритні розміри	Металоемкість
3.	Енергоефективність	Робот	Уран-6	Andros F6a	Etods	При малих розмірах можливе низький час роботи від заряду батареї	6 - сервоприводів	Низьке енергоспоживання

Не дивлячись на те, що в Україні подібні технологічні розробки ще не впровадженні, аналіз може бути проведений на основі аналогів в інших країнах.

4.3 Технологічний аудит ідеї проекту.

Цей підрозділ має на меті проведення аудиту технології, що буде використана для реалізації ідеї.

Технологічну здійсненність запропонованого проекту можливо визначити за допомогою аналізу наведених нижче складових (табл. 4.3):

- визначення технології, на основі якої буде впроваджено виробництво;
- визначення наявності необхідної для виробництва технології на ринку, чи необхідності її впровадження;
- визначення доступності розробки або придбання.

Таблиця 4.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту:

<i>№ n/n</i>	<i>Ідея проекту</i>	<i>Технології її реалізації</i>	<i>Наявність технологій</i>	<i>Доступність технологій</i>
		Технологія 1 (технологія виготовлення товару, надання послуги)	Чи вони наявні, або ж необхідно їх розробити/доробити?	Чи вони доступні авторам проекту?
1	Робот на основі нейронної мережі.	Виготовлення деталей вузлів, купівля сервоприводів, ЕОМ реалізація роботи сервоприводів	Наявні розробки з нейронними мережами, але є необхідність використати ці технології для даного робота	Доступність всієї інформації для її розробки
2.	Сервопривід	Купівля	Тільки встановлення та підключення	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Є вся інформація та доступне все обладнання та ресурси для її виготовлення				

Проведений аудит допомагає зробити низку важливих висновків:

1. Запропонований товар можливо сконструювати за умови придбання, розробки та виготовлення певних деталей конструкції.
2. Для реалізації проекту немає необхідності використовувати недоступну інформацію.
3. Реалізація проекту не призводить до порушення авторських прав.
4. Процес виготовлення є наступним: придбання сервоприводів, виготовлення деталей, що необхідні для збірки руки робота з паралельною кінематикою.

4.4 Аналіз можливостей запуску стартап-проекту в умовах сучасного ринку.

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Реалізувати планування напряму розвитку проекту, урахувати стан середовища на ринку, а також проаналізувати потреби потенційних клієнтів і пропозиції конкурентних компаній можна за допомогою визначення ринкових можливостей, котрі можуть бути використані під час впровадження проекту на ринку, а також загроз, котрі можуть зашкодити його реалізації.

4.5 Аналіз попиту проводиться в наступній послідовності: наявність попиту в колі споживачів, обсяг попиту, динаміка розвитку обраної галузі (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап проекту.

<i>№ п/ п</i>	<i>Показники стану ринку (найменування)</i>	<i>Характеристика</i>
1	Кількість головних гравців, од	В Україні не розробляються
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	200000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	стагнує
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Сертифікація та випробування

Можна зробити висновок, що інвестиції в проект є вигідними, на основі порівняння рентабельності та банківської відсоткової ставки.

За зробленими попередніми оцінками вихід на ринок є привабливим з економічної точки зору.

4.5 Наступний пункт передбачає визначення потенційно зацікавлених в товарі клієнтських груп, а також їх характеристик. Цей аналіз допоможе сформулювати орієнтовні вимоги, що висуватимуться до товару від кожної клієнтської групи (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту.

<i>№ п/ п</i>	<i>Потреба, що формує ринку</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
	Базова потреба, яку задовольняє товар (згідно концепції потенційного товару)	Визначити потенційні цільові групи клієнтів, що можуть бути зацікавлені у задоволенні означеної потреби	Вписати фактори, що формують поведінку клієнта (стандарти, технічні регламенти, інші фактори цінового та нецінового характеру) та особливості купівлі та експлуатації товару	- до продукції - до компанії-постачальника
1.	Напів автоматизація	Військова промисловість	Безпека життя людини при проведенні розмінувальних операцій, напів автоматизація процесу	- Безпечність - Безпека життю людини
2	Низька собівартість	Військова промисловість	Менші габаритні розміри при однакових характеристиках, технологічність	- Велика собівартість
3	Технологічність	Військова промисловість	Простота конструкції, спрощена взаємозамінність.	- Підвищена жорсткість - Менша металоємкість - Менша енергозатратність

4.6 Після визначення зацікавлених клієнтських груп можна перейти до аналізу середовища на ринку. Процес включає складання таблиць (табл. №4. 6-7) з зазначенням факторів, що сприятимуть розвитку проекту, а також факторів, що йому перешкоджатимуть. Наведені фактори представлені в порядку зменшення по ступеню впливу.

Таблиця 4.6 Фактори загроз

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1	Поява конкурентів на ринку України	Потреба в конкурентоспроможності технології	Збільшення фінансування для розробки удосконалень та нових моделей
2	Спадання динаміки ринку в Україні	Потреба в пошуку нових місць збуту товару	Вихід на всесвітній ринок
3	Незацікавленість в технології	Не має необхідної кількості потреб для споживача	Удосконалення технології
4	Низькі технічні характеристики та відсутність їх варіації	Низька потреба	Удосконалення технічних характеристик та збільшення їх варіацій

Таблиця 4.7 Фактори можливостей.

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1	Нова технологія	Збільшений попит відносно очікуваного	Збільшення виробничих потужностей
2	Відсутність конкурентів на ринку України	Не має загрози зменшення рентабельності від конкурентів	Вільне розповсюдження для військової промисловості
3.	Технологія з новим рівнем технологічного	Легкий вихід на всесвітній ринок	Вихід на всесвітній ринок

	прогресу		
--	----------	--	--

4.7 Наступним кроком є аналіз пропозиції та конкуренції на обраному ринку.

Таблиця 4.8 Загальні риси конкуренції на ринку

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
1. Вказати тип конкуренції - чиста	Відсутність конкурентів на ринку України	В достатньої технологічності, собівартості технології від зарубіжних конкурентів
2. За рівнем конкурентної боротьби - національний	Продаж технології військовій промисловості по всій країні	Неможливість продажу іншим промисловостям, вихід на зарубіжний ринок
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Одна цільова аудиторія	Розробка технології для однієї цільової аудиторії, вклад в удосконалення тільки для однієї цільової аудиторії
4. Конкуренція за видами товарів: - між бажаннями	Розробка технології для задоволення однієї потреби	Удосконалення в майбутньому тільки технологічності продукту
5. За характером конкурентних переваг - нецінова	Потреба удосконалення технології	Постійне удосконалення технології
6. За інтенсивністю - марочна	Розвиток даного обладнання	Витрати на її створення і підтримку, збільшення

		фінансування
--	--	--------------

4.8 Далі аналіз конкуренції в обраній галузі проводимо більш детально.

В основі аналізу лежить модель М. Портера 5 сил (табл. 4.9).

Таблиця 4.9 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	<i>Прямі конкуренти в галузі</i>	<i>Потенційні конкуренти</i>	<i>Постачальники</i>	<i>Клієнти</i>	<i>Товари-замінники</i>
<i>Складові аналізу</i>	<i>Зарубіжні компанії</i>	<i>Законодавчі обмеження, Розмір капіталовкладень</i>	<i>Концентрація постачальників</i>	<i>Розмір закупівель, Контроль якості, Система інформації</i>	<i>Ціна,</i>
Висновки:	Використовуються зарубіжні технології але їх не багато та велика собівартість	Є можливість виходу на ринок через державні закупівлі	З боку постачальників проблем в виготовленні не має	Велика собівартість, точність зборки, надійність, довговічність	Можливість використання людей для цього

Аналіз конкуренції дозволяє зробити висновок про можливість роботи на ринку за наявних умов. Конкурентоспроможність запропонованої технології забезпечується новим принципом роботи, що дозволяє покращити такі характеристики продукту, як металоємкість, жорсткість, технологічність, енергоефективність, взаємозамінність та собівартість. Значною перевагою розробки є можливість одночасної роботи в трьох осях.

4.9 Спираючись на результати аналізу конкуренції, котрий був проведений в п. 3.5 (табл. 9), а також враховуючи характеристики ідеї проекту (табл. 2), вимоги споживачів до запропонованого товару (табл. 5) та визначених факторів сучасного середовища на ринку (табл. №№ 6-7) можна визначити та обґрунтувати перелік ключових факторів конкурентоспроможності продукту. Аналіз представлено в табл. 4.10.

Таблиця 4.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності.

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)</i>
1	Низька собівартість	Дає змогу в конкурентності за рахунок нищої ціни для споживача
2	Менша металоємкість	Спрощена експлуатація технології
3	Низька енергозатратність	Більший час роботи від одного заряду батареї

4.10 В наступній таблиці (табл. 4.11) проводиться аналіз сильних сторін стартап-проекту, а також його недоліків. В процесі аналізу використано інформацію з попередньої таблиці.

Таблиця 4.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін
«Мобільний робот для розмінування мін»

<i>№ n/ n</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Бали 1-20</i>	<i>Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ... (Andros F6A)</i>						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Низька собівартість	20	+						
2	Менша металоємкість	15			+				
3	Низька енергозатратність	15		+					

4.11 Аналіз можливості впровадження завершує складання SWOT-аналізу, що являє собою матрицю з результатів, отриманих від аналізу переваг та недоліків стартапу, його можливостей та загроз.

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Аналіз факторів загроз та можливостей маркетингового середовища допомагає скласти перелік загроз та можливостей запропонованої ідеї на ринку. Реальні загрози та можливості на ринку є наслідками впливу визначених заздалегідь факторів. Однак, на відміну від факторів, реальні загрози та можливості характеризуються певною імовірністю їх здійснення.

Таблиця 4.12. SWOT – аналіз стартап – проекту.

Сильні сторони: Низька собівартість відносно кращих технічних характеристик конкурентів	Слабкі сторони: Потребує спеціального навчання для використання,
Можливості: Легкий вихід на всесвітній ринок	Загрози: Стартап не витримає першого контакту з клієнтом

4.12 Проведений SWOT-аналіз дозволяє розробити певні моделі ринкової поведінки, що допоможуть вивести проект на ринок, а також орієнтовно визначити оптимальний час для їх впровадження. В процесі розробки моделей поведінки треба враховувати наявність потенційних конкурентних проектів, що можуть виводитись на ринок паралельно.

Отримані альтернативи слід проаналізувати з точки зору строків та ймовірності отримання потрібних ресурсів (табл. 4.13).

Таблиця 4.13 Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту.

<i>№ п/п</i>	<i>Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки</i>	<i>Ймовірність отримання ресурсів</i>	<i>Строки реалізації</i>
1	Розроблення та впровадження інновацій	Дає можливість отримання додаткових фінансувань	Від кількох місяців до 2-х років
2	Доведення життєздатності	Дає змогу запобігти скорочень фінансувань	Кілька місяців
3	Лідерства в ніші	Дає змогу в продовженні розробки	6 місяців
4	Зниження собівартості	Можливість в фінансуванні	2 місяці

Після проведення аналізу визначається обрана нами альтернатива.

З означених альтернатив вибираємо ту, яка дає нам: а) отримання ресурсів є більш простим та ймовірним; б) строки реалізації – більш стислими.

З усіх варіантів обираємо той, що відповідає ключовим критеріям: а) більша простота та імовірність успішного отримання ресурсів; б) максимально стислі строки реалізації.

Можні зробити висновок, що в умовах нестабільної ситуації в ринковому середовищі найбільш доцільним є впровадження альтернативи «Зниження собівартості».

4.13 Розробка ринкової стратегії проекту.

Першим кроком розробки ринкової стратегії є визначення стратегії охоплення ринку, що включає в себе опис груп потенційних цільових споживачів (табл. 4.14).

Таблиця 4.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів.

<i>№ п/ п</i>	<i>Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів</i>	<i>Готовність споживачів сприйняти продукт</i>	<i>Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)</i>	<i>Інтенсивність конкуренції в сегменті</i>	<i>Простота входу у сегмент</i>
1	Військова промисловість (сапери)	Дає альтернативу для розмінування мін безпечно для власного життя	0,2	0	1
Які цільові групи обрано: Військова промисловість					

Спираючись на результати аналізу груп потенційних споживачів, автори запропонованої для аналізу ідеї обирають цільові групи, котрим вони пропонуватимуть створений товар. Стратегія охоплення сформована так: у зв'язку з зосередженням діяльності на одному сегменті, буде використана стратегія концентрованого маркетингу.

Новостворена компанія зосереджує свої зусилля на великій частині одного чи декількох субринків (ринкових сегментів), замість роботи з незначною частиною великого ринку. Такий підхід забезпечує стабільність компанії та

дозволяє зайняти міцну позицію на ринку завдяки вивченню потреб обраного сегменту та формуванню певної репутації.

Звичайно існує ризик появи сильного [конкурента](#) або якщо сегмент не виправдає надії.

Ризики криються в тому, що обраний сегмент може не виправдати покладених на нього надій. Також великі ризики несе можливість появи в сегменті сильного конкурента.

Чинники, що впливають на вибір концентрованого маркетингу:

- Ресурси фірми: концентрований маркетинг краще обрати при умові обмеженості ресурсів.
- Ступінь однорідності продукції: якщо товар однорідний, то для його просування досить прийомів недиференційованого маркетингу, а для товарів, що різняться за конструкцією, краще підходить диференційований або концентрований маркетинг.
- Етап життєвого циклу: якщо товар новий, то краще пропонувати лише один його вид, а також використовувати недиференційований або концентрований маркетинг.
- Ступінь однорідності ринку: недиференційований маркетинг краще підходить для ситуації з однорідними смаками покупців.

Маркетингові стратегії конкурентів: у випадку сегментування ринку конкурентними компаніями не варто застосовувати стратегії недиференційованого ринку. Здійснюючи рішення про ступінь охоплення ринку необхідно по кожному з розглянутих сегментів проаналізувати обсяг продажу, очікувані темпи зростання збуту, прогнозовані розміри прибутку, інтенсивність конкуренції, вимоги до каналів маркетингу, ступінь відповідності сильним сторонам фірми. Рішення про ступінь охоплення слід приймати на основі аналізу обсягу продажу, перспективи темпів зростання обсягів продажу, орієнтовний розмір прибутку, особливості каналів маркетингу, а також інтенсивність конкуренції, по кожному з обраних сегментів.

4.14 Робота в обраних сегментах ринку потребує формування базової стратегії подальшого розвитку (табл. 4.15).

Таблиця 4.15. Визначення базової стратегії розвитку.

<i>№ п/ п</i>	<i>Обрана альтернатива розвитку проекту</i>	<i>Стратегія охоплення ринку</i>	<i>Ключові конкурентоспромо жні позиції відповідно до обраної альтернативи</i>	<i>Базова стратегія розвитку*</i>
1	Зниження собівартості	Вибірковий розподіл	Альтернативні роботи	Стратегія спеціалізації
2	Лідерства в ніші	Ексклюзивний розподіл	Зарубіжні компанії	Стратегія диференціації

4.15 Після попереднього кроку визначається базова стратегія конкурентної поведінки. (табл. 4.16).

Таблиця 4.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки.

<i>№ п/п</i>	<i>Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?</i>	<i>Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?</i>	<i>Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?</i>	<i>Стратегія конкурентної поведінки*</i>
1	Розробляється в інших країнах	Розширення ринку	Габаритні розміри	Стратегія виклику лідера

4.15 Стратегія позиціонування (табл. 4,17), суть якої полягає у створенні ринкової позиції, тобто, комплексу асоціацій, що допоможуть споживачам

ідентифікувати торгівельну марку, створюється на основі вимог цільових споживачів (див. табл. 4,5), обраної стратегії розвитку (табл. 4,15) та базової конкурентної поведінки (табл. 4.16).

Таблиця 4.17. Визначення стратегії позиціонування.

<i>№ п/ п</i>	<i>Вимоги до товару цільової аудиторії</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>	<i>Ключові конкурентоспромо жні позиції власного стартап- проекту</i>	<i>Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)</i>
1	Собівартість	Спеціалізація	Низька собівартість	Низька ціна, висока якість, висока продуктивність
2	Підвищена жорсткість	Спеціалізація	Висока жорсткість	Підвищений строк служби, Збільшене навантаження, надійність
3	Металоємкість	диференціація	Менше використання металу	Зменшення використання металу, зменшення металообробки, час виготовлення
4	енергозатратність	Спеціалізація	Більший час роботи від одного заряду	Низька енергозатратність, більший час роботи, збільшення маси

У якості результатів маємо узгоджену систему рішень, що узгоджує ринкову поведінку компанії та визначає її напрями роботи на ринку.

4.17 Розробка маркетингової програми проекту.

Спочатку формується концепція продукту, який пропонується споживачеві.

У табл. 4.18 підсумуємо результати, отримані після попереднього аналізу конкурентоспроможності продукту.

Таблиця 4.18. Визначення ключових переваг концепція потенційного товару.

<i>№ п/п</i>	<i>Потреба</i>	<i>Вигода, яку пропонує товар</i>	<i>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</i>
1	Потреба після АТО	Можливість розмінування мін	Захист життя військових
2	Потреба військових	Можливість вийти на новий рівень в розмінуванні мін	Можливість розмінуванні мін дистанційно

4.18 Представляється трирівнева маркетингова модель запропонованої розробки: необхідно внести уточнення до ідеї продукту, його фізичних складових то особливостей процесу його просування на ринку (табл. 4.19).

Таблиця 4.19. Опис трьох рівнів моделі товару.

<i>Рівні товару</i>	<i>Сутність та складові</i>		
I. Товар за задумом	Потреба захистити людину при помилці в роботі, при помилці людина знаходиться на відстані безпечної для життя		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Експлуатація		
	2. надійність		
	3. Технологічність		
	4.Безпечні		
	5. Транспортабельність		
	Якість: стандарти для роботів мінерів, технічні характеристики		
	Пакування		
	Марка: назва організації-розробника + назва товару		
III. Товар із підкріпленням	До продажу		
	Після продажу		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Патенти			

За формуванням маркетингової моделі слідує розробка способів захисту продукту від можливого копіювання. Поставлена задача може бути реалізована, як за рахунок захисту запропонованої ідеї (в рамках захисту інтелектуальної власності), так і шляхом впровадження ноу-хау. Також можливе поєднання властивостей і характеристик, котрі закладені на другому та третьому рівнях представленого товару.

4.19 Для встановлення ціни на виготовлений товар необхідно визначити рівень цінових меж, який складається з аналізу ціни на наявні аналоги та рівня доходів цільових споживачів (табл. 20). Всі оцінки проводяться з використанням експертного методу.

Таблиця 4.20. Визначення меж встановлення ціни.

<i>№ п/п</i>	<i>Рівень цін на товари- замінники</i>	<i>Рівень цін на товари- аналоги</i>	<i>Рівень доходів цільової групи споживачів</i>	<i>Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу</i>
1	Людська експлуатація (заробітня плата)	Більше 100000 доларів	50000	Від 200000 до 400000 грн/од.

4.20 Далі визначається оптимальна система збуту в рамках чого приймаються такі рішення: (табл. 4.21):

- використання власної або запропонованої системи збуту;
- вибір та обґрунтування найкращої глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 4.21 Формування системи збуту.

<i>№ п/п</i>	<i>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Функції збуту, які має виконувати постачальник товару</i>	<i>Глибина каналу збуту</i>	<i>Оптимальна система збуту</i>
1	Купівля	Металообробка	Держава	Держава

4.21 Створення маркетингової програми завершується розробкою концепцій маркетингових комунікацій, котрі спираються на обрану основу для позиціонування товару та заздалегідь вивчену специфіку поведінки клієнтів (табл. 4.22)

Результатом пункту 4.21 має вийти ринкова (маркетингова) програма, яка буде містити концепції товару, шляхи збуту та просування, попередній аналіз майбутньої цінової політики. Програма спирається на вподобання то потреби цільової групи, конкурентні переваги запропонованої ідеї, поточний стан та динаміку розвитку ринкового середовища, в межах якого проект буде впроваджуватись, та відповідну оптимальну альтернативу ринкової поведінки.

ВИСНОВОК ПО РОЗДІЛУ 4

Узагальнимо та зазначимо результати проведеного аналізу у висновку:

1. Оскільки, в Україні немає виробництва з використанням запропонованого споживачам товару, виникає потреба в попиті, однак, рентабельність забезпечується наявністю фінансування з боку держави, та відсутністю конкуренції.
2. З огляду на групи потенційних споживачів перспектива впровадження криється в відсутності конкуренції на ринку держави, бар'єрами входження виступає державна сертифікація, у разі появи конкуренції продукт буде конкурентоспроможним через свої технічні характеристики.
3. Розробку та впровадження інноваційних рішень слід здійснювати у разі не конкурентоспроможності товару.
4. Є перспективи розвитку запропонованої технології, виробництво нових моделей та розширення на іноземні ринки.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Апостолук В. О. Апостолук О. С. Интеллектуальні системи керування
Конспект лекцій НТУУ «КПІ» ВПІ ВПК «Політехніка» 2007 85 с.
2. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам. – 2-е издание, М.:
Машино-строение, 1987.-560 с.
3. Глазунов В.А., Колискор А.Ш., Крайнев А.Ф. Пространственные
механизмы параллельной структуры. М.: Наука, 1991. - 95 с.
4. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы
виртуальной реальности / Вороновский Г.К., Махотило К.В., Петрашев
С.Н., Сергеев С.А. – Харьков: Основа, 1997. – 112 с.
5. Беянин П.Н. Об основных направлениях совершенствования
конструкций металлорежущих станков // Проблемы машиностроения и
надежности машин. 2000. №6, с.3.
6. Verbruggen H.B., Babushka R. Constracting fuzzy models by product space
cluctering // Fuzzy model identification. – Berlin: Springer, 1998. – P. 53 – 90.
7. Крайнев А.Ф., Глазунов В.А. Новые механизмы относительного
манипулирования // Проблемы машиностроения и надежности машин.
1994. №5, с.106.
8. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1988. 640с.
9. Мирзоев Г.К., Пешкилев А.Г. Исследование кинематики подвески с
помощью ЭЦВМ // Автомобильная промышленность. 1980. №2. С.12-14.
10. Алышев И.И., Петракович А.Г. Моделирование кинематики подвески
Макферсона // Повышение производительности и безопасности
автомобилей. М., 1989, С.58-62.
11. Рязанцев В.И., Федотов И.В. Об алгоритмах решения частной задачи в
моделях рулевых управлений автомобилей // Известия высших учебных
заведений. Машиностроение. 1998. №10-12. С.41-46.
12. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С.Понтрягин и др. –
М.: Физматгиз, 1961. – 391 с.

- 13.Семенов Ю.А., Семенова Н.С. Структурный анализ механизмов // Теория механизмов и машин. 2003, №2. С.3-14.
- 14.Петров Ю.П. Вариационные методы теории оптимального управления. – 2-е изд. – Л.: Энергия, 1977. – 280 с.
- 15.Советов Б.Я., Яковлев С.А. “Робототехника”. - М.: Высш. шк., 2005.- 271 с.
- 16.Методические указания к курсовой работе по дисциплине "Робототехника и мехатроника" для студентов специальности ГКСР ". 1999.
- 17.Аш Ж., Андре П., Бофрон Ж. Датчики измерительных систем. В 2 т. Пер с фр. М.:Мир, 2002;
18. Horstmann Daniel, WagnerRudolf, Weigel Wolf-Dieter. 100 Jahre Entwicklung der Antriebsstechnik für elektrische Bahnen. Teil 2. // Elek. Bahnen. – 2003. – № 7. – P.338–345.
- 19.Бауман Э. Измерение сил электрическими методами: Пер. с нем. Мир, 1978. Энергоатомиздат, 2001;
- 20.Справочник по теории автоматического управления / Под. ред. А.А.Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.
- 21.Воротников С.А. Информационные устройства робототехнических систем. М.: Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2005
- 22.Вульвет Дж. Датчики в цифровых системах: Пер. с англ. М.:Энергоиздат, 2003;
- 23.Гориневский Д.М. Формальский А.М., Шнейдер А.Ю. Управление манипуляционными системами на основе информации об усилиях. М.:Изд.фирма «Физико-математическая литература», 2001;
- 24.Погребной В.О., Рожанковский И.В., Юрченко Ю.П. Основы информационных процессов в роботизированном производстве;
- 25.Письменный Г.В., Солнцев В.И., Воротников С.А. Системы силомоментного осязания роботов. М.: Машиностроение, 2000